

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2002 年 10 月 10 日 (10.10.2002)

PCT

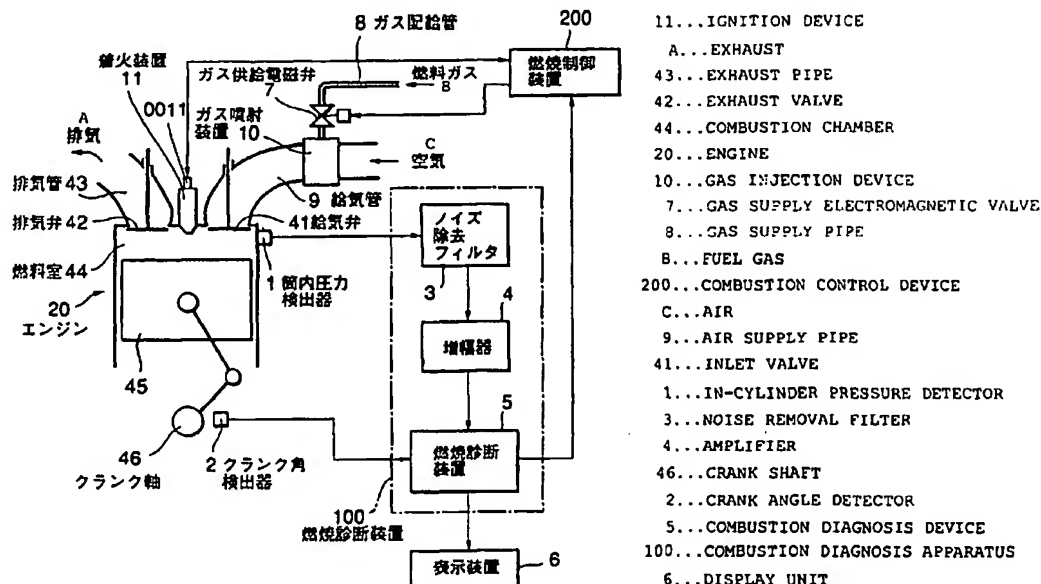
(10) 国際公開番号
WO 02/079629 A1

- (51) 国際特許分類⁷: F02D 45/00, F02P 5/15, F02D 41/12 (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 山本 高之 (YAMAMOTO, Takayuki) [JP/JP]; 〒231-8715 神奈川県 横浜市中区 錦町 1 2 番地 三菱重工業株式会社 横浜製作所内 Kanagawa (JP). 安枝 信次 (YASUEDA, Shinji) [JP/JP]; 〒231-8715 神奈川県 横浜市中区 錦町 1 2 番地 三菱重工業株式会社 横浜製作所内 Kanagawa (JP). 村上 明登 (MURAKAMI, Akito) [JP/JP]; 〒231-8715 神奈川県 横浜市中区 錦町 1 2 番地 株式会社検査研究所内 Kanagawa (JP). 中山 善博 (NAKAYAMA, Yoshihiro) [JP/JP]; 〒236-8515 神奈川県 横浜市中区 幸浦一丁目 8 番地 1 三菱重工業株式会社 横浜研究所内 Kanagawa (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP02/03197
- (22) 国際出願日: 2002 年 3 月 29 日 (29.03.2002)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2001-98635 2001 年 3 月 30 日 (30.03.2001) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒100-8315 東京都千代田区丸の内二丁目 5 番 1 号 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 高橋 昌久 (TAKAHASHI, Masahisa); 〒106-0032 東京都港区六本木 3 丁目 1 6 番 1 3 号 アンパサダー六本木 1 0 0 3 号 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: INTERNAL COMBUSTION ENGINE COMBUSTION DIAGNOSIS/CONTROL APPARATUS AND COMBUSTION DIAGNOSIS/CONTROL METHOD

(54) 発明の名称: 内燃機関の燃焼診断・制御装置及び燃焼診断・制御方法



(57) Abstract: A combustion diagnosis/control apparatus capable of performing smooth engine operation by adjusting a combustion state upon generation of knocking, misfire, and flame extinguishing, and rapidly detecting an abnormal state of the in-cylinder pressure, thereby performing diagnosis/control of an internal combustion engine without stopping operation of the engine. The apparatus includes means for calculating a maximum pressure ratio P_p/P_o of the in-cylinder maximum pressure P_p based on an in-cylinder pressure detection value from an in-cylinder pressure detector detecting a pressure in a combustion chamber against a compression pressure P_o at one or more points in the compression stroke, means for comparing the maximum pressure ratio P_p/P_o .

[続葉有]

WO 02/079629 A1

WO 02/079629 A1

(81) 指定国 (国内): AU, CA, CN, ID, JP, KR, SG, US.

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

with a pressure ratio gradually set by the diagnosis category (hereinafter, referred to as a threshold pressure ratio), and means (step) for performing diagnosis of the combustion state such as the in-cylinder pressure state in the combustion chamber by evaluating the comparison output for every one or more operation cycles.

(57) 要約:

ガスエンジン等のノッキング、失火や消炎の発生時における燃焼状態を調整してエンジンの運転を円滑に行い得るようにし、筒内圧力検出の異常発生を迅速に検知可能としてエンジンの運転を停止することなく対処可能とした内燃機関の燃焼診断・燃焼制御装置を提供するもので、前記燃焼室内の圧力を検出する筒内圧力検出器からの筒内圧力検出値に基づき筒内最高圧力 P_{max} と圧縮行程における1又は複数の任意点の圧縮圧力 P_c との最高圧力比 P_{max}/P_c を算出する手段と、前記最高圧力比 P_{max}/P_c と診断カテゴリ別に段階的に設定された圧力比（以下閾圧力比という）と比較する手段と、一若しくは複数の運転サイクル毎に前記比較出力を判定して前記燃焼室内における筒内圧力状態等の燃焼状態の診断を行う手段（ステップ）から構成される。

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

1

明 細 書

内燃機関の燃焼診断・制御装置及び燃焼診断・制御方法

技術分野

本発明は、燃料ガスを空気と混合しエンジンの燃焼室内にて燃焼せしめるように構成されたガスエンジンを含む内燃機関における燃焼診断・制御方法及びその装置に関する。

背景技術

内燃機関、特に都市ガス等の清浄ガスを主燃料とするガスエンジンにおいては、燃焼室内における失火や消炎及び混合気濃度の不均一等によるノッキングの発生を確実に検知して速やかに対応処置を行うことが要求される。さらに前記ガスエンジン及びガソリンエンジン、ディーゼルエンジン等の内燃機関については、前記失火や消炎、ノッキングに加えて燃焼室内の最高圧力即ち筒内最高圧力の過大な上昇や圧縮圧力の低下を確実に検知してエンジンの耐久性、性能の安定性を維持することが要求される。

また、前記ガスエンジン及びガソリンエンジン、ディーゼルエンジン等の内燃機関においては、燃焼室内における燃焼状態を検知、診断し、その診断結果に適合した燃料着火タイミング及び燃料噴射量の制御が必須である。さらに燃焼状態の検出機器である筒内圧力検出器に異常が発生しても、エンジンを停止することなく異常状態からの復旧をなし得るとともに正常な燃焼診断及び燃焼制御に迅速に復帰することが要求される。

かかる内燃機関の燃焼室内における燃焼状態を検知、診断する燃焼診断システムとして、特開平2000-110652号、特開平11-183330号、特許第2712332号等の発明が提供されている。

特開平2000-110652号の発明においては、筒内圧力検出器からの筒内圧力検出信号中の抽出周波数帯域を内燃機関の運転パラメータの現在値に応じて設定し、前記筒内圧力検出信号中から設定した抽出周波数帯域の信号成分をフ

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

2

フィルタ手段によって抽出し、該抽出成分がしきい値以上であるときノッキング発生の判定を行っている。

また特開平 11-183330 号の発明においては、筒内圧力検出器からの筒内圧力検出信号中の圧力値が最大つまり筒内最高圧力になるときの角が所定のクランク角範囲内に含まれかつ前記筒内圧力検出信号から算出される平均有効圧力が所定値よりも小さいときに失火発生の判定を行っている。

また特許第 2712332 号においては、エンジンの回転数を検出して該エンジン回転数の変化を監視し、該エンジン回転数が設定値よりも低下したとき失火発生の判定を行っている。

しかしながら、特開平 2000-110652 号の発明にあつては、抽出周波数帯域の信号成分をフィルタ手段によって抽出するため、該フィルタ手段による処理に伴う透過周波数帯の変更等の複雑な演算処理を行う必要があり、ノッキング発生の判定制御が複雑で、また筒内圧力の絶対値が必要であることから、筒内圧力センサの劣化、温度ドリフト、較正不良等により前記筒内圧力センサからの出力レベルが全体的に低下した場合には、筒内圧力検出値の精度が低下し燃焼診断の精度が低下する。

また特開平 11-183330 号の発明においても、失火の判定に筒内圧力の絶対値が必要であることから、前記と同様に、筒内圧力センサの劣化、温度ドリフト、較正不良等により前記筒内圧力センサからの出力レベルが全体的に低下した場合には、筒内圧力検出値の精度が低下し燃焼診断の精度が低下する。

また、特許第 2712332 号においては、エンジン回転数の変化を監視するという間接的な手段により燃焼室内における燃焼状態を検知、診断しているので、燃焼診断の精度が低い。

さらに前記いずれの先行発明ともに、1つの装置でノッキングあるいは失火という1項目の燃焼診断を行うに止まるので、診断機能に対する装置コストが高くなる。

しかして、かかる内燃機関のうち、着火装置を備えた多気筒ガスエンジンにおいては、燃料着火タイミングを進めるつまりクランク角において燃料着火タイミングを進角させると燃焼効率が上昇しエンジン性能が向上するが、未燃ガスの自然

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

3

着火が早まることによりノッキングが発生し易くなることから、ノッキングの発生を回避しかつエンジン性能を最大に維持し得る燃料着火タイミングでの運転を行うことが要求される。

また、かかる多気筒ガスエンジンにおいては、失火や消炎が発生した場合に筒内圧力の検出データからこれを精度良くかつ迅速に検知し、当該発生シリンダについて燃料着火タイミング及び燃料噴射量を前記失火や消炎に対応する状態に調整して、他のシリンダでの運転を当該発生シリンダに影響されることなく円滑に行い得るような燃焼診断及び燃焼制御をなすことが要求される。

さらに、かかる多気筒ガスエンジンにおいては、燃焼室内での燃焼状態を検知するための筒内圧力検出手段に故障等による異常が発生した場合においては、当該異常発生シリンダの燃料着火タイミング及び燃料噴射量を前記のような異常状態に対応する状態に調整しつつ筒内圧力検出手段の復旧を行い、復旧後は自動的に正常な燃焼制御に復帰し、エンジンの運転を停止することなく前記筒内圧力検出手段の異常発生に対処可能とすることが要求される。

さらに、かかる多気筒ガスエンジンにおいては、筒内圧力検出値を用いて燃焼室内での燃焼状態を診断するにあたっては、筒内最高圧力、ノッキング限界圧力、失火、消炎発生の許容圧力等の診断項目における基準値（しきい値）をエンジン運転条件に適合した値に調整可能として、燃焼状態の診断精度を高く維持することが要求される。

さらに、かかる多気筒ガスエンジンにおいては、筒内圧力検出手段の故障等による異常の発生を早期にかつ自動的に検知可能として、該筒内圧力検出手段の異常状態からの復帰を迅速になし得、燃焼診断を円滑に行うことが要求される。

しかしながら、前記いずれの先行発明を含む従来技術にあっては、かかる要求に応え得るエンジンの燃焼診断及び燃焼制御手段は提供されていない。

特に燃焼診断装置からの出力として失火、消炎等の燃焼診断情報を燃焼制御装置側に通知する場合、複数気筒の情報をシリアル通信線でデジタル的に伝送する方式では通信線の断線、ノイズの影響が全気筒の制御に及ぶため、望ましくない。

このため、フェールセーフの思想で例えば第32図に示すように、燃焼診断装置と燃焼制御装置との間で、各気筒の燃焼診断情報を個別にパラレルに伝送する

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

4

方式では数種類のカテゴリ情報（2ⁿ種類）が（m）気筒数分必要となり、（2ⁿ）×m本以上のデジタル信号線が必要となり、結線の手間もかかる。

更に従来多気筒エンジンにおける燃焼診断システムの表示装置では、気筒数分存在し、常に変化する燃焼状態を作業者に分かりやすい方法で表示する装置が存在しなかった。また、燃焼異常の詳細を調査するには、筒内圧波形を観測する必要があるが気筒数分のオシロスコープを用意しなければならないが、これは表示装置の煩雑化を招くのみならず、気筒毎に燃焼制御装置より気筒数分のオシロスコープに接続する事は難しい。

また、エンジンの燃焼状態の挙動履歴を調べるには、燃焼診断装置が判定した診断カテゴリ結果を見れば分かるが、診断結果は高速で変化しているため、時系列的に出力結果を見ることができない。

発明の開示

本発明は、かかる従来技術の課題に鑑みなされたもので、その目的は、1つの装置で以ってノッキング、失火、消炎、及び筒内圧力の過昇の燃焼診断を可能とし、また演算処理が簡単で、かつ筒内圧力センサの劣化、温度ドリフト、校正不良等の筒内圧力検出手段の状態変化に影響されことなく高精度の燃焼診断結果が得られる内燃機関の燃焼診断システムを提供することにある。

また本発明の目的は、筒内圧力検出値を用いた燃焼診断精度を向上するとともにノッキングの発生を回避しかつエンジン性能を最大に維持し得る燃料着火タイミングでの安定運転を可能とし、また失火や消炎の発生シリンダにおける燃焼状態をかかる事態に対応した状態に調整して当該発生シリンダに影響されことなくエンジンの運転を円滑に行い得るようにし、さらに筒内圧力検出手段の異常発生を迅速に検知可能とするとともに該異常発生シリンダの燃焼状態をかかる異常状態に対応して調整しエンジンの運転を停止することなく筒内圧力検出手段の異常発生に対処可能とした内燃機関の燃焼診断・燃焼制御方法及びその装置を提供することにある。

また本発明の目的は、燃焼診断装置からの出力として失火、消炎等の燃焼診断情報を燃焼制御装置や表示装置に側に通知する場合、通信線の断線、ノイズの影響

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

5

がなく全気筒の制御を円滑に行い得る燃焼診断システムを提供することにある。

また本発明の目的は、燃焼診断装置と燃焼制御装置との間で、各気筒の数種類の燃焼診断情報を伝送する場合でも、伝送信号線を煩雑化することなく、気筒数に対応する本数の信号線で足り、結線の手間も大幅に省略できる燃焼診断システムを提供することにある。

また本発明の目的は、多気筒エンジンにおける燃焼診断システムの表示装置において、気筒数分存在し、常に変化する燃焼状態を作業者に分かりやすく表示できる燃焼診断システムを提供することにある。

また本発明の目的は、多気筒エンジンにおける燃焼診断システムの表示装置において、燃焼異常の詳細を調査する筒内圧波形を気筒数分のオシロスコープを用意することなく同機能を効果的に表示しうる燃焼診断システムを提供することにある。

さらに本発明の目的は、多気筒エンジンの燃焼診断装置が判定した診断結果が高速で変化している場合においても診断カテゴリ結果を作業者に分かりやすく表示できる燃焼診断システムを提供することにある。

かかる目的達成のために、本発明は、前記燃焼室内の圧力を検出する筒内圧力検出器を設けるとともに、前記筒内圧力検出器からの筒内圧力検出値に基づき筒内最高圧力 P_p と圧縮行程における1又は複数の任意点の圧縮圧力 P_o との最高圧力比 P_p/P_o を算出する手段（ステップ）と、前記最高圧力比 P_p/P_o と診断カテゴリ別に段階的に設定された圧力比（以下しきい値圧力比という）と比較する手段（ステップ）と、一若しくは複数の運転サイクル毎に前記比較出力を判定して前記燃焼室内における筒内圧力状態等の燃焼状態の診断を行う手段（ステップ）からなり、必要に応じて前記しきい値圧力比をエンジン負荷またはエンジン回転数または吸気温度を含むエンジン運転条件の関数で変化させることを特徴とする。

尚、前記手段はハード的に構成しても良く、又ソフト的に構成しても良い。特に後記実施例においてはソフト的に構成されているためにステップという言葉（ ）書きで加えている。

具体的には、前記筒内圧力検出器からの筒内圧力検出値に基づき筒内最高圧力

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

6

P_p と圧縮行程における1又は複数の任意点の圧縮圧力 P_0 、 P_3 （代表して P_0 という）との圧力比 P_p/P_0 を算出する手段（ステップ）と、前記圧力比 P_p/P_0 が設定された許容最高圧力比 P_{p0} を超えたときまたは前記圧力比 P_p/P_0 が設定された圧力比 P_{h1} を超える（ $P_p/P_0 \geq P_{h1}$ ）運転サイクルの回数 N_h が許容回数 N_{h0} を超えたとき（ $N_h \geq N_{h0}$ ）前記燃焼室内における燃焼異常の判定を行う手段（ステップ）、

過去の複数サイクル中において前記最高圧力比 P_p/P_0 が設定されたノッキング許容圧力比 P_{h2} を超える（ $P_p/P_0 \geq P_{h2}$ ）サイクルの発生数 S_n が許容発生数 S_{n0} を超えたとき（ $S_n \geq S_{n0}$ ）前記燃焼室内におけるノッキング発生の判定を行う手段（ステップ）、

前記最高圧力比 P_p/P_0 が設定された許容最小圧力比 P_n よりも小さく（ $P_p/P_0 \leq P_n$ ）かつ燃焼行程における任意点の圧力 P_1 と前記圧縮行程における一又は複数の任意点の圧力 P_0 との比 P_1/P_0 が設定された失火許容圧力比 P_m よりも小さく（ $P_1/P_0 \leq P_m$ ）なるとき前記燃焼室内における失火発生の判定を行う手段（ステップ）、

燃焼行程における前記任意点の圧力 P_1 よりも低圧側の圧力 P_2 と前記圧縮行程における一又は複数の任意点の圧力 P_0 との燃焼圧力比 P_2/P_0 を算出する手段（ステップ）を有し、前記最高圧力比 P_p/P_0 が設定された許容最小圧力比 P_n よりも小さく（ $P_p/P_0 \leq P_n$ ）かつ前記燃焼圧力比 P_1/P_0 が設定された失火許容圧力比 P_m よりも小さく（ $P_1/P_0 \leq P_m$ ）かつ燃焼圧力比 P_2/P_0 が消炎許容圧力比 P_{m1} よりも大きいとき（ $P_2/P_0 \geq P_{m1}$ ）前記燃焼室内における消炎発生の判定を行う手段（ステップ）

とを有する燃焼診断装置を備えてなるものである

前記構成において、前記圧縮行程における任意点の圧縮圧力 P_0 が設定された許容圧縮圧力 P_{c0} 以下のとき（ $P_0 \leq P_{c0}$ ）前記圧縮圧力 P_0 の異常判定を行う手段（ステップ）を備えるのがよい。

かかる発明によれば、筒内圧力の検出値に基づき圧縮行程における任意点の圧縮圧力をベースとした圧力比を用いて燃焼診断を行うことにより、1つの燃焼診断システムで以ってノッキング、失火、筒内最高圧力の過昇、消炎の発生を検知

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

7

し得る燃焼診断を行うことができ、簡単な構成かつ低コストの装置で必要な全ての燃焼診断を行うことができる。

また前記のように筒内圧縮圧力をベースとした圧力比を用いて燃焼診断を行うので、筒内圧力の絶対値は不要となり、筒内圧力検出器の劣化、温度ドリフト、較正不良等により該筒内圧力検出器からの出力レベルが全体的に低下した場合においても、燃焼診断の精度を低下させることなく正常な診断を維持できる。これにより、燃焼診断システムの使用寿命を延長できる。

また筒内圧力の検出信号をローパスフィルタでトリガを除去してノイズ除去を行うのみで燃焼診断に用いることにより高精度の燃焼診断が可能となり、従来技術のように、フィルタ透過周波数帯の変更等の複雑な演算処理が不要となり、燃焼診断操作が高効率化される。

さらに、筒内圧力検出値のみを用いて直接的に燃焼診断を行うことができるので、簡単な手段（ステップ）で高精度の燃焼診断が可能となる。

従って、かかる発明によれば、簡単な設備でかつ簡易な手法で以ってノッキング、失火、筒内最高圧力の過昇、消炎の発生というエンジンに必要とする燃焼診断を全て行うことができ、エンジンの燃焼性能の低下を迅速かつ高精度で検知することが可能となる。

また本発明は、燃焼室内における筒内圧力を検出し、該筒内圧力の検出値 P と吸気圧力を含む圧縮始め以前の基準圧力 P_b との差圧 ΔP ($\Delta P = P - P_b$) をクランク角に対応させて算出し、各クランク角における前記差圧 ΔP と圧縮行程における 1 又は複数の任意点の圧縮圧力 P_0 と基準圧力 P_b との差圧 ΔP_0 ($\Delta P_0 = P_0 - P_b$) との筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ を用いて前記燃焼室内における筒内圧力状態等の燃焼状態の診断を行うことを特徴とする。

また、このような前記燃焼診断・制御方法を実施する好適な装置として、前記内燃機関における燃焼診断・制御装置において、前記燃焼室内における筒内圧力を検出する筒内圧力検出器と、前記エンジンのクランク角を検出するクランク角検出器とを設けるとともに、前記筒内圧力検出器から入力される筒内圧力検出値及びクランク角検出器から入力されるクランク角検出値に基づき該筒内圧力の検出値 P と吸気圧力を含む圧縮始め以前の基準圧力 P_b との差圧 ΔP ($\Delta P = P -$

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

8

P_b) をクランク角に対応させて算出する手段 (ステップ)、各クランク角における前記差圧 ΔP と圧縮行程における任意点の差圧 ΔP_0 との筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ を算出する手段 (ステップ)、及び前記筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ を用いて前記燃焼室内における筒内圧力状態等の燃焼状態の診断を行う燃焼状態診断手段を備えた燃焼診断装置と、該燃焼状態診断手段から出力される燃焼状態診断結果に基づき前記エンジンの燃焼状態を制御する燃焼制御装置とを備えた燃焼診断・制御装置を提案する。

かかる発明によれば、エンジン運転中において大気状態等の外部条件による変動が小さい吸気圧力を含む圧縮始め以前の基準圧力 (P_b) との差圧 ($\Delta P = P - P_b$) をベースとした筒内圧力比 ($\Delta P / \Delta P_0$) を用いて燃焼診断を行うので、筒内圧力の絶対値は不要となり、筒内圧力検出器の劣化、温度ドリフト、較正不良等により該筒内圧力検出器からの出力レベルが全体的に低下し、あるいは上昇した場合においても、燃焼診断の精度を低下させることなく所定の精度を維持して正常な診断を行うことができる。

また本発明は、前記筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ における筒内最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ が設定された許容最高圧力比 P_{p0} を超えたとき ($\Delta P_p / \Delta P_0 \geq P_{p0}$) 前記エンジンを停止することを特徴とし、例えば前記発明において、前記圧縮行程における 1 又は複数の任意点の差圧 ΔP_0 が設定された許容圧縮差圧 P_{c0} 以下のとき ($\Delta P_0 \leq P_{c0}$)、前記エンジンを停止するのがよい。

また本発明は、前記筒内最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ が設定された基準最高圧力比の最大値 P_{sh} を超えたとき ($\Delta P_p / \Delta P_0 \geq P_{sh}$)、前記エンジンのクランク角において燃料 (ガスエンジンの副室に噴射されるパイロット燃料を含む) 着火タイミングを一定量遅角させ、前記筒内最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ が設定された基準最高圧力比の最小値 P_{sl} 以下のとき ($\Delta P_p / \Delta P_0 \leq P_{sl}$) 前記燃料着火タイミングを一定量進角させるのがよい。

この場合、前記燃焼診断・制御方法を実施する好適な装置として、燃焼診断装置は、前記筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ における筒内最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ と許容最高圧力比 P_{p0} の設定値とを比較する比較手段 (ステップ) を備え、前記燃焼制御装置は前記燃焼診断装置の比較手段から出力される前記比較結果が ($\Delta P_p /$

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

9

$\Delta P_0) \geq P_{p0}$ であるとき前記エンジンの停止装置を作動させて該エンジンを停止せしめる停止手段（ステップ）を備えるように構成する。

前記発明において好ましくは、前記燃焼診断装置は前記筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ における筒内最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ と基準最高圧力比の最大値 P_{sh} とを比較するとともに前記筒内最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ と基準最高圧力比の最小値 P_{s1} とを比較する比較手段（ステップ）を備え、前記燃焼制御装置は前記比較手段（ステップ）よりの比較結果が $(\Delta P_p / \Delta P_0) \geq P_{sh}$ のとき前記エンジンのクランク角において燃料着火タイミングを一定量遅角させ、前記比較結果が $(\Delta P_p / \Delta P_0) \leq P_{s1}$ のとき前記燃料着火タイミングを一定量進角させる手段（ステップ）を備える。

かかる発明によれば、燃焼診断装置によって前記筒内圧力比 $(\Delta P / \Delta P_0)$ における筒内最高圧力比 $(\Delta P_p / \Delta P_0)$ が許容最高圧力比 (P_{p0}) の設定値を超える診断結果が出力されたときには燃焼制御装置によってエンジンの停止装置を作動させ該エンジンを停止せしめることにより、筒内最高圧力の過大の検知及び対応処置が正確かつ迅速にでき、筒内最高圧力過大によるエンジンの破損あるいは耐久性の低下を確実に防止できる。

また、燃焼診断装置により前記筒内最高圧力比 $(\Delta P_p / \Delta P_0)$ が基準最高圧力比の最大値 (P_{sh}) を超える診断結果が出力されたときには燃焼制御装置によって燃料着火タイミングを一定量遅角させ、前記燃焼診断装置により前記筒内最高圧力比 $(\Delta P_p / \Delta P_0)$ が基準最高圧力比の最小値 (P_{s1}) 以下となった診断結果が出力されたときには前記燃焼制御装置によって燃料着火タイミングを一定量進角させることにより、筒内最高圧力を常時基準最高圧力の範囲に保持でき、エンジン性能を所要性能値に維持できるとともに燃焼温度過昇による NO_x 発生量の増大を抑制できる。

また本発明に係る燃焼診断・制御方法は、前記筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ における筒内最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ が少なくとも筒内最高圧力比によって設定されたノッキング許容圧力比 P_{h2} を超えるととき $(\Delta P_p / \Delta P_0 \geq P_{h2})$ 、前記エンジンのクランク角において燃料着火タイミングを一定量遅角させることを特徴とする。

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

10

また、前記燃焼診断・制御方法を実施する装置として、前記燃焼診断装置は前記筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ における筒内最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ と該筒内最高圧力比によって設定されたノッキング許容値 P_{h2} とを比較し前記筒内最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ が少なくとも前記ノッキング許容値 P_{h2} を超えるとノッキングの発生を判定する手段（ステップ）を備え、前記燃焼制御装置は該燃焼診断装置からのノッキング発生の判定信号を受けて前記エンジンのクランク角において燃料着火タイミングを一定量遅角させる手段（ステップ）を備えるように構成する。

かかる発明によれば、燃焼診断装置により筒内最高圧力比（ $\Delta P_p / \Delta P_0$ ）が該筒内最高圧力比によって設定されたノッキング許容値つまりノッキングの発生を回避しかつエンジン性能を最大に維持し得るノッキング発生限界の筒内最高圧力比になった診断結果が出力されたときには、燃焼制御装置によって燃料着火タイミングを一定量遅角させることにより、ノッキングの発生を迅速かつ確実に回避できるとともに燃焼状態のばらつきを抑えることができ、結果として常時エンジン性能をノッキングの発生寸前の高性能域で最適制御できる。

また本発明に係る燃焼診断・制御方法は、筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ における筒内最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ が少なくとも筒内最高圧力比によって設定された失火の許容最小圧力比 P_n 以下になったとき（ $\Delta P_p / \Delta P_0 \leq P_n$ ）、前記燃焼室内における失火発生の判定を行い、当該失火発生シリンダの燃料噴射を遮断する。

また本発明を実施する装置として、前記燃焼診断装置は前記筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ における筒内最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ と該筒内最高圧力比によって設定された失火許容圧力比とを比較し前記筒内最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ が少なくとも筒内最高圧力比によって設定された失火の許容最小圧力比 P_n 以下のとき前記燃焼室内における失火発生の判定信号を出力する手段（ステップ）を備え、前記燃焼制御装置は前記失火発生の判定信号を受けて当該失火発生シリンダの燃料噴射を遮断せしめる手段（ステップ）を備えるように構成する。

かかる発明によれば、燃焼診断装置によって筒内最高圧力比（ $\Delta P_p / \Delta P_0$ ）及びその継続サイクル数が該筒内最高圧力比によって設定された失火許容圧力比つまり燃焼室内において失火発生限界となる筒内最高圧力比の最小値及び該最小値の許容継続サイクル数になった診断結果が出力されたときには燃焼制御装置に

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

11

よって当該失火発生シリンダの燃料噴射を遮断せしめる。

これにより、失火の発生を迅速かつ確実に検知でき、当該発生シリンダについて失火対応処置つまり燃料噴射の遮断措置を行うことによって他のシリンダでの運転を当該発生シリンダの失火に影響されることなく円滑に行うことができる。

また本発明に係る燃焼診断・制御方法は、前記筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ における筒内最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ 及び燃焼行程における燃焼圧力比 $(P_1 - P_b) / \Delta P_0 = \Delta P_1 / \Delta P_0$ が夫々許容最小圧力比 P_n 及び失火許容圧力比 P_m よりも小さく $(\Delta P_p / \Delta P_0 \leq P_n$ 及び $\Delta P_1 / \Delta P_0 \leq P_m)$ 、燃焼圧力比 $(P_2 - P_b) / \Delta P_0 = \Delta P_2 / \Delta P_0$ が消炎許容圧力比 P_{m1} よりも大きくなったとき、前記燃焼室内における消炎発生の判定を行い、当該消炎発生シリンダの燃料噴射量を増加することを特徴とする。

また本発明を実施する装置として、前記燃焼診断装置は、前記筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ における筒内最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ 及び燃焼行程における燃焼圧力比 $\Delta P_1 / \Delta P_0$ が夫々許容最小圧力比 P_n 及び失火許容圧力比 P_m よりも小さく、かつ消炎許容圧力比 P_{m1} が燃焼圧力比 $\Delta P_2 / \Delta P_0$ ($= \Delta P_2 / (P_3 - P_b) = \Delta P_2 / \Delta P_3$) よりも大きくなったとき前記燃焼室内における消炎発生の判定信号を出力する手段（ステップ）を備え、前記燃焼制御装置は前記消炎発生の判定信号を受けて当該消炎発生シリンダの燃料噴射量を増加せしめる手段（ステップ）を備えるように構成する。

かかる発明によれば、燃焼診断装置によって筒内最高圧力比 $(\Delta P_p / \Delta P_0)$ 及び燃焼圧力比 $(\Delta P_1 / \Delta P_0)$ が該筒内最高圧力比及び燃焼圧力比によって設定された許容最小圧力比 P_n 及び失火許容圧力比 P_m よりも小さくなり、燃焼圧力比 $\Delta P_2 / \Delta P_0$ が消炎許容圧力比 P_{m1} よりも大きくなった診断結果が出力されたときには燃焼制御装置によって当該消炎発生シリンダの燃料噴射量や、例えば副室にパイロット燃料を噴射するガスエンジンにおいては該パイロット燃料噴射量を増加せしめる。

これにより、消炎の発生を迅速かつ確実に検知でき、当該発生シリンダについて消炎対応処置つまりガスエンジンの場合にガス燃料噴射量やパイロット燃料の増加を行うことによって消炎の継続を回避できるとともに、他のシリンダによる

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

12

運転を当該消炎発生シリンダに影響されることなく円滑に行うことができる。

また本発明方法においては前記燃焼診断の基準圧力比值（しきい値）を、エンジン負荷またはエンジン回転数または吸気温度を含むエンジン運転条件の関数で変化させるように構成すれば、エンジンの運転条件をエンジン負荷、エンジン回転数、吸気温度等により検出し、筒内最高圧力許容値、圧縮圧力許容値、ノッキング許容値、失火、消炎許容値等の燃焼診断項目の各圧力比のしきい値をエンジン運転条件の変化に応じて自在に変化させることができる。

これにより、燃焼状態診断にあたって、燃焼診断項目における基準圧力比等のしきい値をエンジン運転条件に適合した値に調整でき、燃焼診断精度を高く維持することができる。

また本発明に係る燃焼診断・制御方法は、前記燃焼室内における筒内圧力を検出して燃焼診断装置に入力する筒内圧力検出器の異常が検知されたとき、前記エンジンの燃料着火タイミング、燃焼噴射量を含む燃焼制御を行う燃焼制御装置により当該筒内圧力検出器が異常のシリンダの燃料着火タイミングを安全位置までクランク角において一定量遅角させ、前記筒内圧力検出器が交換、修理等により異常状態から復帰した後、前記燃焼診断装置を正常作動に復帰させるとともに、前記燃焼制御装置を正常作動させて前記異常シリンダの燃料着火タイミングを正常タイミングに戻すのがよい。

かかる発明によれば、燃焼診断装置によって筒内圧力検出器の異常の診断結果が出力されたときには燃焼制御装置によって当該筒内圧力検出器が異常のシリンダの燃料着火タイミングを安全位置まで一定量遅角させて筒内圧力検出器の異常状態を保持し、前記筒内圧力検出器の復旧後前記燃焼診断装置が自動的に正常作動に復帰するとともに燃焼制御装置を正常作動させ、前記異常シリンダの燃料着火タイミングを正常に戻すことが可能となる。

これにより、筒内圧力検出器に異常が発生した場合において、当該異常発生シリンダの燃料着火タイミング及び燃料噴射量を前記異常に対応する状態に調整しつつ筒内圧力検出器の復旧を行い該センサの復旧後は自動的に正常な燃焼制御に復帰でき、エンジンの運転を停止することなく前記筒内圧力検出器の異常発生に対処することができる。

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

13

また本発明に係る燃焼診断・制御方法は、前記燃焼室内における筒内圧力を検出して燃焼診断装置に入力する筒内圧力検出器について、吸気行程～燃焼行程までの任意のクランク角度範囲で夫々複数種の異常判定ステップを確認し、何れか1つのステップを満足しない状態が設定された i 回（複数回）連続したとき該筒内圧力検出器が異常であると判定することを特徴とし、具体的には前記複数種の異常判定ステップが、

（a）全行程におけるクランク角度範囲の圧力検知器の値が該検知器の測定レンジ範囲 $P_{Ta} \sim P_{Tb}$ に入っているかを判断するステップ、（b）吸気行程で、吸気圧の許容最大値 P_{Sb} ～許容最小値 P_{Sa} に入っているかを判断するステップ（c）さらに最高圧力 P_p におけるクランク角度 P_{pang} が燃焼域に対応するクランク角度範囲 $A_a \sim A_b$ の範囲にあるか否かを判断するステップ、（d）さらにまた燃焼診断における圧縮始め以前の基準圧力 P_b の過去 n サイクル分の標準偏差 $P_{b\sigma}$ が許容範囲 ϵ 以内であることを判定するステップからなる。

かかる発明によれば、（a）により全行程におけるクランク角度範囲の圧力検知器の値が該検知器の測定レンジ範囲 $P_{Ta} \sim P_{Tb}$ に入っているかを判断することにより、全行程において基本的な筒内圧力検出器の異常の有無を判断できる。

また（b）により吸気行程で、吸気圧の許容最大値 P_{Sb} ～許容最小値 P_{Sa} に入っているかを判断するために、吸気行程という筒内圧力が一定の状態での筒内圧力検出器の経時変化によるドリフトの発生を検知できる。さらに（c）により燃焼域に対応するクランク角度範囲 $A_a \sim A_b$ の範囲において最高圧力 P_p におけるクランク角 P_{pang} があるか否かの判断をするために、筒内圧力とクランク角との関係が狂いを生ずることなく検出されているか否かを確認できる。さらにまた（d）により燃焼状態に関わらず本来一定である圧縮始め以前の基準圧力の標準偏差が許容値 ϵ 以内であることを判断するために、定常ノイズによる誤診断を回避できる。

然も（a）、（b）、（c）、（d）のいずれかが複数回続いた場合に始めてスパークノイズ、断線、接触不良等の基本的な異常検知が可能となるために、瞬間的に発生するトリガノイズの影響を無視できる。

従って、かかる発明によれば、筒内圧力検出器の異常を異なる複数種類の異常

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

14

検知方法で多面的に判断するために、然もそれが複数回存在して異常判断するために、トリガパルス等の検知器の異常と無関係なパルスを排除して精度良く検知でき、該筒内圧力検出器が正常であった場合に次の診断動作に移るために、燃焼診断を円滑に行うことができる。

また本発明は、前記筒内圧力の検出値 P と吸気圧力を含む圧縮始め以前の基準圧力 P_0 との差圧 ΔP ($\Delta P = P - P_0$)を前記燃焼域において算出する手段（ステップ）、前記差圧 ΔP と筒内圧力の任意点の差圧 ΔP_0 との筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ を算出する手段（ステップ）、及び前記筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ を用いて前記燃焼室内における筒内圧力状態等の燃焼状態の診断を行う際に、その診断結果の少なくとも一部をアナログ情報として出力させる圧力／アナログ電圧変換手段（ステップ）を具えた燃焼診断装置と、該燃焼状態診断手段から出力されるアナログ情報を圧力情報に戻して前記エンジンの燃焼状態を制御する燃焼制御装置とを備え、前記アナログ情報を圧力情報に戻した診断結果に基づいて前記エンジンの停止、前記エンジンの燃料着火タイミングの制御若しくは前記パイロット燃料やガス燃料等の燃料噴射量の制御を行うことを特徴とする。

この場合、燃焼診断に必要な前記所定クランク角範囲の燃焼域で採取した前記筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ を、各診断カテゴリ情報毎に設定したしきい値に基づいて燃焼診断を行うのがよく、具体的には、前記各診断カテゴリ情報毎のしきい値が、段階的にレベルが低減するように設定され、夫々のしきい値レベル段階で、異なるカテゴリ情報が判断できるようにするのがよく、例えば燃焼最高圧力付近のクランク範囲に検知範囲を設定して、前記各診断カテゴリ情報毎のしきい値が、最高圧力異常しきい値 P_{p0} 及び P_{h1} 、 P_{h2} ：ノッキングしきい値、 P_n ：失火、消炎しきい値であり、夫々のしきい値で夫々のレベルは、 $P_c \leq P_{s1} \leq P_{sh} \leq P_{h2} \leq P_{h1} < P_{p0}$ のようにしているのがよい。

そして、燃焼診断装置から燃焼制御装置側に伝送される診断結果の信号が、燃焼制御装置側で夫々のアナログレベル段階で、異なるカテゴリ情報が判断できるようにし、アナログレベルで構成され、各診断カテゴリ毎におけるアナログレベルが、正常診断カテゴリのアナログレベルが中央に、最高圧力異常や圧縮圧異常のようなエンジン全体の重要度の高い異常は高位に、失火、消炎、センサ異常、

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

15

信号線断線等の気筒単位の重要度の低い異常は低位にすることにより、情報伝達の確実さと簡便化とともに、アナログレベルの遷移瞬間時やその誤った情報を読んだとしても致命的な誤動作に至らないように設定する。

具体的には、前記アナログレベルが、 C_p : P_{max} 異常判定アナログレベル、 C_e : 圧縮圧判定アナログレベル、 C_k : ノッキング判定アナログレベル、 C_q : 消炎判定アナログレベル、 C_m : 失火判定アナログレベル、 C_x : センサ異常判定アナログレベルで夫々設定し、夫々のレベルは、 $C_p > C_e > C_k > C_q > C_m > C_x$ のように段階的にアナログレベルが低減するように設定するのがよい。

この場合に、ノッキングしきい値と消炎しきい値の間に位置する正常燃焼圧力若しくは圧力比範囲を、燃焼制御装置側にアナログレベルで伝送する際に、その圧力（圧力比）に応じたアナログレベルに変換して無段階的に制御されたアナログ信号を燃焼制御装置側に伝送するのがよい。

又多気筒のエンジンに用いる場合には、燃焼診断装置と燃焼制御装置間に、少なくとも気筒数に対応した数のアナログ信号線が接続され、各診断カテゴリ毎にアナログレベルが、段階的に低減するように設定されたアナログ信号をシリアルに送信して燃焼制御装置側で診断カテゴリの判別を行い、若しくはアナログレベルに応じた燃焼圧力若しくは圧力比を判別するのがよい。

これにより従来検知が難しかったノッキング状態を筒内圧計測した差圧に対して圧力比を指標とする事により間接的に把握できるのでしきい値を調整する事による常時ノッキング限界での運転が可能となり、結果としてエンジン効率を向上させることができる。筒内圧力センサの温度変化、経年変化によるドリフトが生じても燃焼診断結果には影響せず、かつ異常燃焼と筒内圧力センサの破損、断線等の異常を検出できる。

又、従来の結線に比べ、燃焼診断装置～燃焼制御装置間の信号線の本数を減らすことができるとともに、信号線が断線してもその影響は該当気筒のみであり、かつ信号線のアナログ値がどの診断カテゴリにも属さない零レベルとなることより、デジタル信号線では検出不可能である断線した信号線を特定できるという効果も有す。

又正常燃焼状態では圧力目標値からの偏差量をフィードバックする無段階制御

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

16

とすることにより、よりきめ細かい制御が可能となり、結果としてエンジン効率をさらに向上することができる。

例えば、第23図(A)及び第23図(B)は、正常燃焼範囲の領域を無段階レベルとしたもので、正常燃焼範囲において $[P_{h2}, P_n] \rightarrow [Ck, Cq]$ の範囲にデータ変換後、診断結果の代わりのアナログ情報として伝送し、燃焼制御装置にて $[Ck, Cq] \rightarrow [P_{h2}, P_n]$ に復元し、筒内圧比の正常状態における噴射タイミングの増加減量 ΔT を求めれば適切な噴射タイミングが各気筒各サイクル毎に更新できる。

又本発明は、前記燃焼室内における筒内圧力を検出して燃焼診断装置に入力された筒内圧力を波形表示する表示装置として、

診断装置側にカム軸トップ位置とクランク角に対応した夫々の気筒の圧力波形を記憶させる第1のリングメモリを設け、

表示装置側に一定角度領域毎に夫々の気筒の圧力波形を記憶させる第2のリングメモリと、1つの表示部とを設け、

診断装置側の第1のリングメモリには、カム軸トップの原点位置検知後クランク角検出器より発生する割込で起動し、各気筒の対応するリングメモリ部に夫々所定クランク角毎に燃焼状態を示す筒内圧力波形を書き込むステップ手段を有し、

一方、表示装置側の第2のリングメモリには、カム軸トップの原点位置検出毎に、発生するデータ受信毎に起動し、各気筒の対応するリングメモリ部の所定角度領域に、前記全気筒の筒内圧力波形を書き込むステップ手段を有し、

該第2のリングメモリの所定角度領域より、前記全気筒の筒内圧力波形を読み出し、該全気筒の筒内圧力波形を、圧力をずらして表示部に表示することを特徴としている。

この場合筒内圧力検知器(センサ)での検知毎に時々刻々クランク角に同期して、診断装置側の第1のリングメモリに全気筒の燃焼状態を示す筒内圧力波形を書き込み、一方、表示装置側の第2のリングメモリには1クランク角サイクル(720°)終了後の次のクランクサイクルのカム軸トップの原点位置を検出して、前記前のクランク角サイクル全気筒の筒内圧力波形を書き込み、表示部に表示するのがよい。

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

17

これにより時々刻々変化する燃焼状態を1つのオシロスコープ（表示器）で可視化が可能となるとともに、時間的にオーバーラップして発生する筒内圧力波形データを容易に確認できる。

又診断装置でリングメモリに一時記憶後、表示装置にシリアル通信で出力することにより、燃焼診断を行いながら複数気筒の圧力波形観測が可能となった。

図面の簡単な説明

第1図は、本発明の実施例に係るガスエンジンの燃焼診断システムの全体構成図である。

第2図は、燃焼診断装置の制御フローチャートの第1例を示す図である。

第3図は、燃焼診断装置の制御フローチャートの第2例を示す図である。

第4図は、前記ガスエンジンにおける筒内圧力とクランク角の関係線図である。

第5図は、本発明の他の実施例に係るガスエンジンの燃焼診断、燃焼制御装置の全体構成図である。

第6図は、前記実施例における制御ブロック図（その1）である。

第7図は、前記実施例における制御ブロック図（その2）である。

第8図（A）は前記実施例における筒内圧力線図、第8図（B）は従来技術における筒内圧力線図である。

第9図は、前記実施例における制御フローチャート（その1）である。

第10図（A）～第10図（F）は、前記実施例における燃焼診断・燃焼制御項目毎の制御チャート（その1）である。

第11図（A）～第11図（G）は、前記制御チャート（その2）で、第11図（A）は燃料着火タイミング線図、第11図（B）は燃料噴射量線図である。

第12図は、前記実施例における制御フローチャート（その2）である。

第13図は、前記実施例における制御フローチャート（その3）である。

第14図（A）～第14図（D）は、前記実施例における燃料着火タイミング及び噴射量線図である。

第15図は、燃焼診断装置、燃焼制御装置、及びガスエンジンの作動線図である。

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

18

第16図(A)は、前記ガスエンジンにおける筒内圧力線図(説明図)である。

第16図(B)は、前記ガスエンジンにおける筒内圧力線図における燃焼診断項目と許容値(しきい値)を示す説明図である。

第17図(A)及び第17図(B)は、前記実施例におけるしきい値変化のフローチャート及び線図(その1)である。

第18図(A)及び第18図(B)は、前記実施例におけるしきい値変化のフローチャート及び線図(その2)である。

第19図は、従来技術におけるしきい値変化のフローチャートである。

第20図は、本発明の実施例に係るガスエンジンの燃焼診断システムの全体構成図で正常範囲のみ無段階制御した図で、第7図に対応させるものである。

第21図は、本発明の実施例に係るガスエンジンの燃焼診断システムの全体制御フローチャート図で、第9図に対応するが、正常範囲のみ無段階制御した図である。

第22図は、第20図～第21図の発明に適用されるアナログ式燃焼診断信号伝達方法の説明図である。

第23図(A)は、燃焼診断結果のカテゴリ情報に対するアナログ値の変化を示す全体の説明図で、第23図(B)は拡大図である。

第24図は、前記実施例における筒内圧力検出器の異常検知説明用圧力線図である。

第25図は、燃焼診断装置から伝送された燃焼診断結果を表示装置に表示した表図で、各気筒番号/異常項目毎に表示してある。

第26図は、燃焼診断装置側と表示装置側の筒内圧力の伝送及び表示過程を示し、4気筒エンジン波形の計測結果、表示器への出力波形、表示器に表示した筒内波形の一例を示す図である。

第27図は、燃焼診断装置側と表示装置側のデータ構成図である。

第28図は、前記データ構成図における波形測定フロー図の1で、燃焼診断装置(データ送出)側のクランク角割込処理フロー図である。

第29図は、前記データ構成図における波形測定フロー図の2で、燃焼診断装置(データ送出)側のメイン処理フロー図である。

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

19

第30図は、前記データ構成図における波形測定フロー図の3で、表示装置（データ受信）側のデータ受信割込処理フロー図である。

第31図は、前記データ構成図における波形測定フロー図の4で、表示装置（データ受信）側のメイン処理フロー図である。

第32図は、従来のデジタル式燃焼診断信号伝達方法の説明図である。

第33図（A）は筒内圧に殆どノイズが乗っていない場合の筒内圧力波形図である。

第33図（B）は筒内圧に定常ノイズが乗っている場合の筒内圧力波形図である。

第34図は、実施例における筒内圧力検知の異常検知動作のフローチャートである。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明を図に示した実施例を用いて詳細に説明する。但し、この実施例に記載される構成部品の寸法、材質、形状、その相対配置などは特に特定の記載が無い限り、この発明の範囲をそのみに限定する趣旨ではなく単なる説明例に過ぎない。

実施例を示す第1図において、20はガスエンジンのエンジン本体、45はピストン、46はクランク軸、44は燃焼室、41は吸気弁、42は排気弁、43は排気管である。

9は前記吸気弁41に通ずる吸気管であり、該吸気管9の管路の途中に該吸気管路9内を通流する空気（吸気）中に燃料ガスを噴射するガス噴射装置10が設けられている。8は燃料ガスを収容する燃料ガスタンク（図示省略）と前記ガス噴射装置10とを接続するガス供給管である。7は該ガス供給管8の前記ガス噴射装置10入口に設けられたガス供給電磁弁で、図示しない電磁弁制御装置からの制御信号により開閉せしめられて前記ガス供給管路8の流路面積を調整するとともに、後述する燃焼制御装置12からの制御信号により遮断あるいは開度制御されるものである。

11は該ガスエンジンの起動時に、不図示の副室内にパイロット燃料噴射弁0

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

20

011からパイロット燃料を噴射しトーチ着火させて主燃焼室側の希薄混合ガスの燃焼を促進するための着火装置である。

1は前記燃焼室44内のガス圧力即ち筒内圧力を検出する筒内圧力検出器、2は前記クランク軸46のクランク角を検出するクランク角検出器である。

100は燃焼診断装置で、ノイズ除去フィルタ3、該ノイズ除去フィルタ3を経た筒内圧力検出信号を増幅する増幅器4及び燃焼診断部5により構成されている。

前記ノイズ除去フィルタ3は前記筒内圧力検出器1から入力される筒内圧力検出信号のノイズを除去するローパスフィルタにて構成される。前記燃焼診断部5は前記増幅器4にて増幅された筒内圧力検出信号に基づき前記クランク角検出器2からのクランク角検出信号を補助的に用いて前記燃焼室44内における燃焼状態の診断を行うものである。

200は燃焼制御装置で、前記燃焼診断部5における診断結果信号が入力され、該診断結果信号に基づき前記ガス供給電磁弁7を遮断あるいは開度制御するとともに、前記着火装置11の作動を制御するものである。6は前記燃焼診断部5における診断結果を表示する表示装置である。尚、前記燃焼診断装置5に燃焼診断結果に基づく警報を発信する警報装置を接続してもよい。

かかる構成からなるガスエンジンの運転時において、前記着火装置11においてトーチ着火がなされるとともに、ガスバルブ（図示省略）が開かれると燃料ガスタンク（図示省略）内の燃料ガスがガス圧力調整装置（図示省略）にて圧力を調整されて前記ガス噴射装置10に供給され、前記ガス供給電磁弁7の開弁により前記吸気管9内の空気中に噴出され該空気と混合される。そして該ガス噴射装置10からの混合気は前記吸気弁41の開弁とともに前記着火装置11からの噴出火炎によって予燃焼がなされている燃焼室44内に導入されて燃焼し、所定の燃焼サイクルがなされる。

次に、かかる実施例における燃焼診断装置の動作を説明する。

前記筒内圧力検出器1により検出された前記燃焼室44内のガス圧力即ち筒内圧力は燃焼診断装置100のローパスフィルタからなるノイズ除去フィルタ3に入力され、該ノイズ除去フィルタ3において高周波のノイズを除去されて該筒内

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

21

圧力信号が電圧変動のない平均化された筒内圧力検出信号となって増幅器 4 にて増幅された後、前記燃焼診断部 5 に入力される。

一方、前記燃焼診断部 5 には前記クランク角検出器 2 からのエンジンクランク角の検出信号も入力されている。

次に、第 2 図に示される燃焼診断制御フローチャートの第 1 例及び第 4 図に示される筒内圧力線図を参照して前記燃焼診断装置 100 の燃焼診断動作の第 1 例につき説明する。前記燃焼診断部 5 には、前記筒内圧力検出器 1 から入力される筒内圧力検出値と前記クランク角検出器 2 から入力されるクランク角検出値とにより、第 4 図に示されるような筒内圧力ークランク角関係線図が求められる。第 4 図の A が正常な燃焼が行われている時の筒内圧力線図である。

まず、圧縮圧力の判定手段（ステップ）において、第 4 図に示す前記ガスエンジンの圧縮行程における任意点の圧縮圧力検出値 P_0 と予め設定された該圧縮圧力の許容される最小値即ち許容圧縮圧力 P_{c0} とを比較し、前記許容圧縮圧力 P_{c0} 以下のとき即ち $P_0 \leq P_{c0}$ のときには、ガス漏れ等の機械的トラブルによって圧縮圧力 P_0 が正常値から異常に低下しているものと判定する（E1）。第 4 図の E が圧縮圧力 P_0 が異常に低下している時の筒内圧力線図である。

次いで、筒内最高圧力の判定手段（ステップ）において、第 4 図に示す筒内最高圧力検出値 P_p と圧縮行程における任意点の前記圧縮圧力検出値 P_0 との最高圧力比 P_p/P_0 を算出し、該最高圧力比 P_p/P_0 の算出値と予め設定された最高圧力比の許容される最大値即ち許容最高圧力比 P_{p0} とを比較し、前記最高圧力比 P_p/P_0 の算出値が前記許容最高圧力比 P_{p0} を超えたとき即ち $P_p/P_0 \geq P_{p0}$ のとき（E2）、

もしくは、前記最高圧力比 P_p/P_0 が予め設定された圧力比即ち前記最高圧力比の許容値 P_{h1} を超えた状態即ち $P_p/P_0 \geq P_{h1}$ （E3）での運転サイクルの回数 N_h が許容回数 N_{h0} を超えたとき即ち $N_h \geq N_{h0}$ のとき（E4）には、筒内最高圧力 P_p が設計値（正常値）から異常に上昇しているものと判定する。

次いで、ノッキングの判定手段（ステップ）において、判定時点から過去の複数サイクル中において前記最高圧力比 P_p/P_0 が、ノッキング発生限界として予め設定されたノッキング許容圧力比 P_{h2} を超える即ち $P_p/P_0 \geq P_{h2}$ となる（E

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

22

5) サイクルの発生数 S_n が許容発生数 S_{n0} を超えたとき即ち $S_n \geq S_{n0}$ となったとき (E 6) には、前記燃焼室 4 4 内においてノッキングが発生しているものと判定する。第 4 図の B がノッキング発生時の筒内圧力線図である。

次いで、失火の判定手段 (ステップ) において、前記最高圧力比 P_p/P_0 が予め設定された前記最高圧力比 P_p/P_0 の最小値 (失火発生条件となる圧力比) 即ち許容最小圧力比 P_n よりも小さくなり ($P_p/P_0 \leq P_n$) (E 7)、かつ第 4 図に示す燃焼行程における任意点の圧力検出値 P_1 と前記圧縮行程における任意点の圧力検出値 P_0 との燃焼圧力比 P_1/P_0 を算出して該燃焼圧力比 P_1/P_0 が予め設定された失火発生限界の圧力比即ち許容圧力比 P_m よりも小さく (即ち $P_1/P_0 \leq P_m$) となるととき (E 8) 前記燃焼室 4 4 内において失火が発生しているものと判定する。

この場合、前記燃焼行程における任意点の圧力 P_1 は、第 4 図に示すように、上死点前における前記基準圧力 (圧縮行程における任意点の圧縮圧力) P_0 のクランク角 ($-\theta_1$) と、上死点後における同一クランク角 (θ_1) における圧力とする。

第 4 図の C が失火発生時の筒内圧力線図である。

次に、第 3 図に示される燃焼診断装置制御フローチャートの第 2 例及び第 4 図に示される筒内圧力線図を参照して前記燃焼診断部 5 の燃焼診断動作の第 2 例につき説明する。

かかる燃焼診断動作の第 2 例は、第 2 図に示される第 1 例に次のような消炎発生 の判定動作を付加したものである。

即ちかかる第 2 例における消炎発生 の判定手段 (ステップ) においては、前記第 1 例と同様に前記最高圧力比 P_p/P_0 が許容最小圧力比 P_n よりも小さくなり ($P_p/P_0 \leq P_n$) (F 7)、かつ前記燃焼圧力比 P_1/P_0 が予め設定された失火発生限界の圧力比即ち失火許容圧力比 P_m よりも小さく (即ち $P_1/P_0 \leq P_m$) となる (F 8) 状態で以って、燃焼行程における前記任意点の圧力検出値 P_1 よりも低圧側の圧力検出値 P_2 と前記圧縮行程における任意点の圧力検出値 P_0 との比である低圧側の燃焼圧力比 P_2/P_0 を算出し、前記低圧側の燃焼圧力比 P_2/P_0 が消炎発生限界の圧力比即ち消炎許容圧力比 P_{m1} よりも大きいとき (P_2

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

23

／ $P_0 \geq P_{m1}$ ：F 9）、前記燃焼室 4 4 内における消炎発生の判定を行う。第 4 図の D が消炎発生時の筒内圧力線図である。

また前記低圧側の燃焼圧力比 P_2/P_0 が消炎発生限界の圧力比即ち消炎許容圧力比 P_{m1} よりも小さいときには前記燃焼室 4 4 内に失火発生の状態にあるものと判定する。

従って、前記燃焼行程における圧力検出値を、高圧側 P_1 と低圧側 P_2 との 2 点を用いて燃焼圧力比 P_1/P_0 及び P_2/P_0 を算出し、失火許容圧力比 P_m 及び消炎許容圧力比 P_{m1} と比較することにより、失火と消炎とを分類することができる。以上による燃焼診断部 5 での燃焼診断結果により、前記ノッキング、失火、筒内最高圧力の過昇、あるいは消炎の発生が判定されると、かかる診断結果信号は燃焼制御装置 2 0 0 に送られ、該燃焼制御装置 2 0 0 により、前記診断結果の内容に基づき前記ガス供給電磁弁 7 を遮断あるいは開度制御するとともに、前記着火装置 1 1 の作動を制御する。また、前記診断結果の内容は前記表示装置 6 に表示される。

かかる実施例によれば、筒内圧力の検出値に基づき圧縮行程における任意点の圧縮圧力をベースとした圧力比を用いて燃焼診断を行うことにより、1 つの燃焼診断装置 1 0 0 で以ってノッキング、失火、筒内最高圧力の過昇、消炎の発生を検知し得る燃焼診断を行うことができ、簡単な構成かつ低コストの装置で必要な全ての燃焼診断を行うことができる。

また前記のように筒内圧縮圧力をベースとした圧力比を用いて燃焼診断を行うので、筒内圧力の絶対値は不要となり、筒内圧力検出器 1 の劣化、温度ドリフト、較正不良等により該筒内圧力検出器 1 からの出力レベルが全体的に低下した場合においても、燃焼診断の精度を低下させることなく正常な診断を維持できる。これにより、燃焼診断装置 1 0 0 の使用寿命を延長できる。

また筒内圧力の検出信号を簡単なローパスフィルタでノイズ除去を行うのみで燃焼診断に用いることにより、高精度の燃焼診断が可能となり、従来技術のように、フィルタ透過周波数帯の変更等の複雑な演算処理が不要となり、燃焼診断操作が高効率化される。

さらに、筒内圧力検出値のみを用いて直接的に燃焼診断を行うことができるの

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

24

で、簡単な手段（ステップ）で高精度の燃焼診断が可能となる。

従って、かかる実施例によれば、簡単な設備でかつ簡易な手法で以ってノッキング、失火、筒内最高圧力の過昇、消炎の発生という必要とする燃焼診断を全て行うことができ、エンジンの燃焼性能の低下を迅速かつ高精度で検知することが可能となる。

本発明の他の実施例を示す第5図において、20はガスエンジンのエンジン本体、45はピストン、46はクランク軸、44は燃焼室、41は吸気弁、42は排気弁、43は排気管である。

9は前記吸気弁41に通ずる吸気管であり、該吸気管9の管路の途中に該吸気管路9内を通流する空気（吸気）中に燃料ガスを噴射するガス噴射装置10が設けられている。8は燃料ガスを収容する燃料ガスタンク（図示省略）と前記ガス噴射装置10とを接続するガス供給管である。7は該ガス供給管8の前記ガス噴射装置10入口に設けられたガス供給電磁弁で、図示しない電磁弁制御装置からの制御信号により開度に変化せしめられて前記ガス供給管8の流路面積を調整するとともに、後述する燃焼制御装置200からの制御信号によりガス流路の遮断あるいは開度を制御されるものである。

11は該ガスエンジンの起動時に、不図示の副室内にパイロット燃料噴射弁0011からパイロット燃料を噴射しトーチ着火させて主燃焼室側の希薄混合ガスの燃焼を促進するための着火装置である。

以上に示したガスエンジン自体の構成は第1の実施例と同様である。

1は前記燃焼室44内のガス圧力即ち筒内圧力を検出する筒内圧力検出器、2は前記クランク軸46のクランク角を検出するクランク角検出器である。100は前記ガスエンジンの燃焼診断装置である。

該燃焼診断装置100は、前記筒内圧力検出器1にて検出された筒内圧力検出信号及び前記クランク角検出器2にて検出されたクランク角検出信号が入力され、該筒内圧力検出信号に基づき前記クランク角検出信号を補助的に用いて前記燃焼室44内における燃焼状態の診断を行うものである。

30はガスエンジン20に駆動される発電機、36は前記ガスエンジン20の負荷（発電機30の負荷）を検出する負荷検出器、32は前記ガスエンジン20

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

25

のカム軸トップ位置を検出するカム軸トップ検出器である。前記負荷検出器 3 6 からのガスエンジン負荷の検出信号及びカム軸トップ検出器 3 2 からのカム軸トップ位置の検出信号は前記燃焼診断装置 1 0 0 に入力される。

2 0 0 は燃焼制御装置で、前記燃焼診断装置 1 0 0 における診断結果信号 3 4 が入力され、該診断結果信号 3 4 に基づき前記ガス供給電磁弁 7 を遮断あるいは開度制御するとともに、燃料着火タイミング及び燃料噴射量や前記パイロット燃料噴射弁 0 0 1 1 から着火装置 1 1 に噴射するパイロット燃料噴射量（以下両者を含めて燃料という）の制御信号 3 3 により前記着火装置 1 1 の燃料着火タイミング及び燃料噴射量の制御を行うものである。6 は前記燃焼診断装置 1 0 0 における診断結果を表示する表示装置である。尚、前記燃焼診断装置 1 0 0 に燃焼診断結果に基づく警報を発信する警報装置を接続してもよい。

次に、かかるガスエンジンの燃焼診断装置 1 0 0 及び燃焼制御装置 2 0 0 の動作を説明する。

前記筒内圧力検出器 1 により検出された前記燃焼室 4 4 内のガス圧力即ち筒内圧力検出信号は燃焼診断装置 1 0 0 に入力され、ノイズ除去フィルタ（図示省略）において高周波のノイズを除去されて電圧変動のない平均化された筒内圧力検出信号となる。一方、前記燃焼診断装置 1 0 0 には前記クランク角検出器 2 からのエンジンクランク角検出信号、前記負荷検出器 3 6 からのエンジン負荷検出信号、及び前記カム軸トップ検出器 3 2 からのカム軸トップ検出信号も入力されている。

第 6 図及び第 7 図において、前記エンジン 2 0 からのシリンダ（気筒）数分の筒内圧力検出信号、クランク角検出信号、カム軸トップ検出信号、負荷検出信号等は連続的に前記燃焼診断装置 1 0 0 に入力され、該燃焼診断装置 1 0 0 において前記各検出信号に基づき後述するような燃焼診断を行い、その診断結果を時々刻々燃焼制御装置 2 0 0 に入力する。

そして、該燃焼制御装置 2 0 0 においては前記診断結果に従い、第 6 図のように前記エンジン 2 0 の燃料着火タイミング制御信号を該エンジン 2 0 に出力し、あるいは第 7 図に示すように前記エンジン 2 0 の燃料着火タイミング制御信号及び燃料噴射量制御信号を該エンジン 2 0 に出力し、該エンジン 2 0 を前記診断結果に対応した燃焼状態にて運転制御しあるいは必要に応じて停止する。

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

26

尚、第6図及び第7図において、燃焼診断装置100はシングルCPUで構成し、燃焼制御装置200はCPU2重系で構成し、燃焼診断装置100のCPUが暴走等により動作しなくなった場合においても、燃焼診断装置100を停止させて燃焼制御装置200側のCPUで独立運転により、夫々の気筒への着火タイミングと燃料噴射量の制御を行っている。

次に、前記燃焼診断装置100においては、前記筒内圧力検出器1からの筒内圧力検出データを次のように処理する。

前記筒内圧力検出データ即ち第8図(A)及び第8図(B)のZ線で示される筒内圧力線図に基づき、吸気弁41及び排気弁42が開き吸気圧力とほぼ同一の圧縮始め以前の筒内圧力を基準圧力 P_0 に採り、筒内圧力の検出値 P と前記基準圧力 P_0 との差圧 ΔP ($\Delta P = P - P_0$)を前記クランク角検出器2から入力されるクランク角に対応させて算出する。

そして、圧縮行程における任意点の差圧 ΔP_0 を基準差圧として、各クランク角における差圧 ΔP と前記基準差圧 ΔP_0 との比、即ち筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ を算出し、該筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ を用いて以下の燃焼診断を行う。

前記筒内圧力検出データは、筒内圧力検出器1の大気温度の変化による熱膨張差、筒内圧力検出器1の経時による劣化等によって第8図(A)及び第8図(B)のZ線で示される正常値に対してZ1線のように上方にドリフトし、あるいは場合によってはZ2線のように下方にドリフトすることがある。

然るに従来は、第8図(B)に示されるように前記燃焼診断装置100による燃焼診断用の筒内圧力データとして、筒内圧力の検出値(絶対値) P_0 、 P_p を採っていたため、前記のような筒内圧力検出器1の出力レベルが全体的に低下しあるいは上昇した場合にはかかる筒内圧力データによる燃焼診断結果に誤差が生ずる。

これに対して第8図(A)に示される本発明の実施例においては、エンジン運転中において大気状態等の外部条件による変動が小さい吸気圧力を含む圧縮始め以前の基準圧力(P_0)との差圧($\Delta P = P - P_0$)をベースとして筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ を算出し、該筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ を用いて燃焼診断を行うので、筒内圧力の絶対値は不要となる。

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

27

これにより、筒内圧力検出器 1 の劣化、温度ドリフト、較正不良等により該筒内圧力検出器 1 からの出力レベルが全体的に低下し、あるいは別の理由で上昇した場合においても、燃焼診断の精度を低下させることなく所定の精度を維持した診断を行うことができる。

次に、第 9 図に示される制御フローチャート及び第 16 図 (A) の筒内圧力ークランク角線図に基づき前記燃焼診断装置 100 の燃焼診断動作につき説明する。

前記燃焼診断装置 100 には、前記筒内圧力検出器 1 から入力される筒内圧力検出値と前記クランク角検出器 2 から入力されるクランク角検出値とにより、第 16 図 (A) に示されるような筒内圧力ークランク角関係線図が求められる。第 16 図 (A) の A が正常な燃焼が行われている時の筒内圧力線図である。

第 9 図において、前記燃焼診断装置 100 においては筒内圧力が上がらない若しくは変化しない等の理由により第 34 図のフロー図に基づいて、前記筒内圧力検出器 1 の異常の有無を判断し、異常であれば後述する筒内圧力検出器 1 を交換する等の異常判定後の動作に移り、正常であれば次の筒内圧力診断ステップに移る (S01)。

次いで、前記のように、前記筒内圧力の検出値 P と前記基準圧力 P_0 との差圧 ΔP ($\Delta P = P - P_0$) を前記クランク角検出器 2 から入力されるクランク角に対応させて算出し、圧縮行程における任意点の差圧 ΔP_0 を基準差圧として各クランク角における差圧 ΔP と前記基準差圧 ΔP_0 との比、即ち筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ を算出する。

次いで、前記圧縮行程における任意点の差圧つまり基準差圧 ΔP_0 と前記基準差圧 ΔP_0 の許容される最小値即ち許容圧縮差圧 P_{c0} とを比較し、前記許容圧縮差圧 P_{c0} 以下のとき即ち $\Delta P_0 \leq P_{c0}$ のときには、ガス漏れ等の機械的トラブルによって圧縮圧力 P_c が正常値から異常に低下しているものと判定する (S1)。第 16 図 (A) の E が、圧縮圧力 P_c が異常に低下している時の筒内圧力線図である。

次いで、前記筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ における筒内最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ と予め設定された最高圧力比の許容される最大値即ち許容最高圧力比 P_{p0} とを比較し、前記最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ が前記許容最高圧力比 P_{p0} を超えたとき即ち

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

28

$\Delta P_p / \Delta P_0 \geq P_{p0}$ のとき (S 2)、もしくは前記最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ が予め設定された P_{p0} よりも低い圧力比 P_{h1} を超えた状態即ち $\Delta P_p / \Delta P_0 \geq P_{h1}$ (S 3) での運転サイクルの回数 N_h が許容回数 N_{h0} を超えたとき即ち $N_h \geq N_{h0}$ のとき (S 4) には、筒内最高圧力 P_p が設計値 (正常値) から異常に上昇しているものと判定する。

次いで、ノッキングの判定手段 (ステップ) において、判定時点から過去の複数サイクル中において前記最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ が、ノッキング発生限界として予め設定されたノッキング許容圧力比 P_{h2} を超える即ち $\Delta P_p / \Delta P_0 \geq P_{h2}$ となる (S 5) サイクルの発生数 S_n が許容発生数 S_{n0} を超えたとき即ち $S_n \geq S_{n0}$ となったとき (S 6) には、前記燃焼室 4 4 内においてノッキングが発生しているものと判定する。第 16 図 (A) の B がノッキング発生時の筒内圧力線図である。

次いで、失火の判定手段 (ステップ) において、前記最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ が予め設定された前記最高圧力比の最小値 (失火発生条件となる圧力比) 即ち許容最小圧力比 P_n よりも小さくなり ($\Delta P_p / \Delta P_0 \leq P_n$) (S 7)、かつ第 16 図 (A) に示す燃焼行程における任意点の差圧 ΔP_1 と前記基準差圧 ΔP_0 との燃焼圧力比 $\Delta P_1 / \Delta P_0$ を算出して該燃焼圧力比 $\Delta P_1 / \Delta P_0$ が予め設定された失火発生限界の圧力比即ち許容圧力比 P_m よりも小さく (即ち $\Delta P_1 / \Delta P_0 \leq P_m$)、かつ後述するように、燃焼行程における前記任意点の差圧 ΔP_1 よりも低圧側の差圧 ΔP_2 との比である低圧側の燃焼圧力比 $\Delta P_2 / \Delta P_0$ が消炎発生限界の圧力比即ち消炎許容圧力比 P_{m1} よりも小さいとき ($\Delta P_2 / \Delta P_0 \leq P_{m1}$) (S 9) には、前記燃焼室 4 4 内において失火が発生しているものと判定する。

この場合、前記燃焼行程における任意点の差圧 ΔP_1 のベースとなる圧力 P_1 は、第 16 図 (A) に示すように、上死点前における前記基準差圧 ΔP_0 のベースとなる圧縮行程における圧力 P_0 のクランク角 ($-\theta 1$) と、上死点後における同一クランク角 ($\theta 1$) における圧力とする。

また、燃焼行程における低圧側の差圧 ΔP_2 のベースとなる前記圧力 P_1 よりも低圧側の圧力 P_2 は、第 16 図 (A) に示すように、上死点前における圧縮始め圧力 P_b のクランク角 ($-\theta 2$) と、上死点後における同一クランク角 ($\theta 2$)

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

29

における圧力とする。

第16図(A)のCが前記失火発生時の筒内圧力線図である。

次に、消炎発生の判定手段(ステップ)においては、前記最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ が許容最小圧力比 P_n よりも小さくなり($\Delta P_p / \Delta P_0 \leq P_n$) (S7)、かつ前記燃焼圧力比 $\Delta P_1 / \Delta P_0$ が予め設定された失火発生限界の圧力比即ち失火許容圧力比 P_m よりも小さく(即ち $\Delta P_1 / \Delta P_0 \leq P_m$)となる(S8)状態で以って、燃焼行程における前記任意点の差圧 ΔP_1 よりも低圧側の差圧 ΔP_2 との比である低圧側の燃焼圧力比 $\Delta P_2 / \Delta P_0$ が消炎発生限界の圧力比即ち消炎許容圧力比 P_{m1} よりも大きいとき($\Delta P_2 / \Delta P_0 \geq P_{m1}$) (S9)、前記燃焼室44内における消炎発生を判定を行う。第16図(A)のDが消炎発生時の筒内圧力線図である。

尚、前記のように、前記低圧側の燃焼圧力比 $\Delta P_2 / \Delta P_0$ が消炎発生限界の圧力比即ち消炎許容圧力比 P_{m1} よりも小さいときには(S9)、前記燃焼室44内に失火発生の状態にあるものと判定する。

従って、前記燃焼行程における差圧検出値を、高圧側 ΔP_1 と低圧側 ΔP_2 との2点を用いて燃焼圧力比 $\Delta P_1 / \Delta P_0$ 及び $\Delta P_2 / \Delta P_0$ を算出し、失火許容圧力比 P_m 及び消炎許容圧力比 P_{m1} と比較することにより、失火と消炎とを分類することができる。

次いで、前記ステップ(S7)において、最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ が許容最小圧力比 P_n よりも大きくなった($\Delta P_p / \Delta P_0 > P_n$)正常燃焼時において、前記筒内最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ が予め設定された基準最高圧力比の最大値 P_{sh} を超えたとき($\Delta P_p / \Delta P_0 \geq P_{sh}$) (S10)、筒内最高圧力が基準値よりも高くなっているものと判定する。

また、前記筒内最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ が予め設定された基準最高圧力比の最小値 P_{s1} 以下のとき($\Delta P_p / \Delta P_0 \leq P_{s1}$) (S11)、筒内最高圧力が基準値よりも低くなっているものと判定する。

第16図(B)は前記 $\Delta P_0 = 1$ となるようにスケーリングしたときの、前記最高圧力 ΔP_p 及びその許容値 P_{p0} 、 P_{h1} 、圧縮圧力 ΔP_0 及びその許容値 P_{c0} 、ノッキング許容圧力比 P_{h2} 、失火発生の許容圧力比 P_n 、 P_m 、消炎発生限界の許

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

30

容圧力比 P_{m1} 、正常燃焼時における基準最高圧力比の最大値 P_{sh} 及び P_{s1} を模式的に示したものである。

本図より明らかなように最高圧力異常しきい値 P_{p0} 及び P_{h1} 、 P_{h2} ：ノッキングしきい値、 P_n ：失火、消炎しきい値、夫々のしきい値で夫々のレベルは、 $P_n \leq P_{s1} \leq P_{sh} \leq P_{h2} \leq P_{h1} < P_{p0}$ のようになっているが、これは前記大小関係を満足する限り、前記しきい値圧力比をエンジン負荷またはエンジン回転数または吸気温度を含むエンジン運転条件の関数で変化させてもよい。

次に、前記燃焼診断装置100による診断結果と該診断結果に基づく前記燃焼制御装置200の作動について第10図(A)～第10図(F)、第11図(A)～第11図(G)及び第12図、第13図により説明する。

まず、前記燃焼診断装置100により、 $\Delta P_p / \Delta P_0 \geq P_{p0}$ となり筒内最高圧力 P_p が設計値(正常値)から異常に上昇していると診断され、また $\Delta P_0 \leq P_{c0}$ となり圧縮圧力 P_c が正常値から異常に低下しているものと診断された際には、燃焼制御装置200はエンジン20の停止装置を作動させ該エンジン20を停止せしめる(第10図(A)、第11図(A)及び第12～第13のステップ(D1)、(D2))。

これにより、筒内最高圧力の過大の検知及び対応処置が正確かつ迅速にでき、筒内最高圧力 P_p 過大によるエンジン20の破損あるいは耐久性の低下を確実に防止できるとともに、圧縮圧力 P_c 異常低下による燃焼不良の継続を防止できる。次いで、前記燃焼診断装置100により最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ がノッキング許容値を超えてノッキングが発生していると診断された際には、燃焼制御装置200は燃料着火タイミングを一定量 α 遅角させる(第10図(B)、第11図(B)及び第12図～第13図のステップ(D5)、(D11))。

これによりノッキングの発生を迅速かつ確実に回避できるとともに燃焼状態のばらつきを抑えることができ、結果として常時エンジン性能をノッキングの発生寸前の高性能域で最適制御できる。

次いで、前記燃焼診断装置100により筒内圧力検出器1の異常が診断された際には、燃焼制御装置200は後述するように該当シリンダの燃料を遮断しあるいは着火タイミングを安全位置まで遅らせる(第10図(F)、第11図(G))

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

31

及び第12図～第13図のステップ(D4)、(D10))。

次いで、前記燃焼診断装置100により、前記のようにして、最高圧力が高くなっていると診断された際には、燃焼制御装置200は燃料着火タイミングを単位時間あたり一定量(ΔT_n)ずつ遅角させる(第10図(C)、第11図(C)及び第12～第13のステップ(D6)、(D12))。

また前記燃焼診断装置100により前記のようにして、最高圧力比が基準最高圧力比以下となったとき、燃料着火タイミングを単位時間あたり一定量($\Delta T1$)ずつ進角させる(第10図(E)、第11図(E)及び第12図～第13図のステップ(D7)、(D13))。

これにより、筒内最高圧力を常時基準最高圧力の範囲に保持でき、エンジン性能を所要性能値に維持できるとともに燃焼温度過昇によるNO_x発生量の増大を抑制できる。

次いで、前記燃焼診断装置100により、前記のようにして、失火が発生していると診断された際には、燃焼制御装置200は当該失火発生シリンダの燃料噴射を遮断せしめる(第10図(F)、第11図(G)及び第12図～第13図のステップ(D3)、(D10))。

これにより、失火の発生を迅速かつ確実に検知でき、当該発生シリンダについて失火対応処置つまり燃料噴射の遮断措置を行うことによって他のシリンダでの運転を当該発生シリンダの失火に影響されることなく円滑に行うことが可能となる。

次いで、前記燃焼診断装置100により、前記のようにして、消炎発生と診断された際には、燃焼制御装置200は当該消炎発生シリンダの燃料噴射量を増加せしめる(第11図(F)及び第13図のステップ(D04)、(D011))。

これにより、消炎の発生を迅速かつ確実に検知でき、当該発生シリンダについて消炎対応処置つまり燃料噴射量の増加を行うことによって消炎の継続を回避できるとともに、他のシリンダによる運転を当該消炎発生シリンダに影響されることなく円滑に行うことができる。

以上のように、かかる実施例によれば、燃焼診断装置100による燃焼診断と該診断結果を受けての燃焼制御装置200による燃焼項目の制御とを常時連働さ

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

32

せて行うことができる。第14図(A)～第14図(D)には、かかる燃焼診断装置100による燃焼診断と燃焼制御装置200による燃焼項目の制御とに基づく燃料着火タイミング及び燃料噴射量の時間変化を示している。

次に、前記燃焼診断装置100、燃焼制御装置200及びガスエンジン20の作動状況を示す第15図において、前記燃焼診断装置100により筒内圧力検出器(筒内圧力センサ)1の異常を示す診断結果が出力されたときには、前記燃焼制御装置200によって当該筒内圧力検出器が異常状態にあるシリンダの燃焼診断を停止し、燃料着火タイミングを安全位置まで一定量遅角させて筒内圧力センサの異常状態を保持する。

そして、前記筒内圧力検出器1の復旧後、燃焼診断装置100が自動的に正常作動に復帰するとともに、燃焼制御装置200が正常作動に戻り、前記異常シリンダの燃料着火タイミングを正常に戻すことが可能となる。

これにより、筒内圧力検出器1に異常が発生した場合において、当該異常発生シリンダの燃料着火タイミング及び燃料噴射量を前記異常に対応する状態に調整しつつ筒内圧力検出器1の復旧を行い、該検出器1の復旧後は自動的に正常な燃焼制御に復帰でき、エンジンの運転を停止することなく前記筒内圧力検出器1の異常発生に対処することができる。

次に第17図(A)、第17図(B)、第18図(A)、第18図(B)及び第19図に基づき、前記燃焼診断装置100における燃焼診断の基準値(しきい値)の変更動作について説明する。

第17図(B)において、前記燃焼診断装置100には、エンジン負荷 W と筒内最高圧力の許容最高圧力比 P_{p0} (しきい値)との関係が関数として設定されており(同図(A)のように $P_{p0} = f(W)$)、第17図(A)のように、前記負荷検出器36からエンジン負荷の検出値が入力されると、前記のように、筒内最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ と前記エンジン負荷 W に対応する許容最高圧力比 P_{p0} (しきい値)とを比較し、 $\Delta P_p / \Delta P_0 \geq P_{p0}$ であれば異常燃焼、 $\Delta P_p / \Delta P_0 < P_{p0}$ であれば正常燃焼と判定する。

また、第18図(B)において、前記燃焼診断装置100には、エンジン回転数 N と筒内最高圧力の許容最高圧力比 P_{p0} (しきい値)との関係が関数として設

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

33

定されており（第18図（A）のように $P_{p0} = f(N)$ ）、第18図（A）のように、前記エンジンのクランク角検出器2を通してエンジン回転数Nの検出値が入力されると、前記のように、筒内最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ と前記エンジン回転数Nに対応する許容最高圧力比 P_{p0} （しきい値）とを比較し、 $\Delta P_p / \Delta P_0 \geq P_{p0}$ であれば異常燃焼、 $\Delta P_p / \Delta P_0 < P_{p0}$ であれば正常燃焼と判定する。

また、図示を省略したが、エンジン20の吸気温度を含むエンジン運転条件と前記許容最高圧力比 P_{p0} （しきい値）との関係関数として設定し、前記と同様な判定動作を行う。

また前記許容最高圧力比 P_{p0} （しきい値）の他に、前記各実施例に示された基準最高圧力比の最大値 P_{sh} 及び基準最高圧力比の最小値 P_{s1} 、許容圧縮差圧 P_{c0} 、ノッキング許容圧力比 P_{h2} 、失火最小圧力比 P_n 、失火許容圧力比 P_m 及び消炎許容圧力比 P_{m1} 等についても、前記エンジン負荷W、エンジン回転数N、吸気温度を含むエンジン運転条件によって変化させることができる。

かかる実施例によれば、前記許容最高圧力比 P_{p0} （しきい値）を一定として燃焼診断を行うことなく、エンジンの運転条件をエンジン負荷W、エンジン回転数N、吸気温度等により検出し、筒内最高圧力許容値 P_{p0} （しきい値）、基準最高圧力比の最大値 P_{sh} 及び基準最高圧力比の最小値 P_{s1} 、許容圧縮圧力比 P_{c0} 、ノッキング許容圧力比 P_{h2} 、失火最小圧力比 P_n 、失火許容圧力比 P_m 及び消炎許容圧力比 P_{m1} 等の燃焼診断項目の夫々のしきい値をエンジン運転条件や各気筒毎に条件変化に応じて自在に変化させている。

これにより、燃焼状態診断にあたって、燃焼診断項目における基準値（しきい値）をエンジンや各気筒の運転条件に適合した値に調整でき、燃焼診断精度を高く維持することができる。尚、第6図、第7図及び後記する第20図において103aは前記燃焼診断装置を動作させるか否かのON-OFFスイッチである。

次に、第24図、第33図（A）、第33図（B）及び第34図に基づき筒内圧力検出器1の異常判定動作について説明する。

第24図の筒内圧力線図において、 P_0 は前記燃焼診断における圧縮始め以前の基準圧力、 P_3 は前記任意点の圧縮圧力 P_0 より一定角遅れた（時間的に早いタイミングで計測した）点での圧力、 P_1 は前記 P_0 より一定角遅れた点（時間的に

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

34

遅いタイミングで計測した)点での圧力、 P_2 は前記 P_1 より一定角進んだ点での圧力でRWA～RWBは筒内圧力検出器1の異常判定範囲、筒内圧力の(P_{Tb} ～ P_{Ta})はノッキングが検出可能な圧力値を含む圧力値の検出可能範囲、 P_{Sb} は許容最高吸気圧力値、 P_{Sa} は許容最低吸気圧力値である。 Aa ～ Ab は最高圧力 P_p に対応する燃焼行程域のクランク角度範囲である。

第24図および第34図において、前記筒内圧力検出器1の異常判定を行うにあたっては、先ず第34図の筒内センサ異常判定ルーチンEにおいて、先ず気筒No. $K=1$ に設定後(E0)、気筒#1の等クランク角度毎に筒内圧力#1をサンプリング(E01)し、気筒K(1)の筒内圧力 $P_k(1)$ を計測して、前記燃焼室44内における筒内圧力 P_k を検出して燃焼診断装置100に入力する(E1)。

次いで、

(a) 全行程におけるクランク角度範囲の圧力検知器1の値が該検知器1の測定レンジ範囲 P_{Ta} ～ P_{Tb} に入っているかを判断し(E2)、

(b) 次に吸気行程で、吸気圧の最大値 P_{Sb} ～最小値 P_{Sa} に入っているかを判断し(E3)、

(c) 更に最高圧力 P_p におけるクランク角 P_{pang} がクランク角度範囲 Aa ～ Ab の範囲にあるか否か(E4)、を判断し、

(d) さらにセンサーに異常がない場合は第33図(a)のごとくほとんどノイズがのっていない場合で計測が行われるが第34図(b)のごとくノイズが大きい状態で計測した場合の誤判断を防止する方法として、第34図に示す測定値の標準偏差判断フロー、すなわち、吸気圧力を含む圧縮始め以前の基準圧力 P_b の過去nサイクルの値

$\{P_{b_{j-n+1}}, P_{b_{j-n+2}}, P_{b_{j-n+3}}, \dots, P_{b_j}\}$ の標準偏差の値が標準偏差の許容しきい値 ε を超えていないことを判定するフローにより、センサーの異常の有無を判定する。

そして前記(E2～E4)の判断フローにおいて、ノイズ等によるトリガーパルス等で瞬間的に前記範囲を超える場合があるために、等クランク角毎に圧力検知して(E5)で同一気筒の圧力検知器が前記(a)、(b)、(c)、(d)

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

35

4項目の何れか1つを満足しない状態が設定された*i*回（複数回）以上連続したとき（E6）その気筒の筒内圧力検出器（センサ）1が異常と判定する（E8）。

次に気筒NO. $K = K + 1$ に更新しながら（E10）全ての気筒の圧力検知器を検知して前記センサの異常判定を終了し、センサ正常と判断した場合（E7）に $K \leftarrow 1$ に更新して（E12）燃焼診断に移行する。

かかる実施例によれば、（a）により筒内圧力検知器の計測領域（PTb～PTa）を超える圧力信号が複数回あった場合に異常と判断するために、ノイズ等によるトリガーパルス等で瞬間的に前記範囲を超える場合があっても、筒内圧力検出器1のスパークノイズ、断線、接触不良等の発生を精度良く検知できる。

また（b）により筒内圧力検出器1の経時変化によるドリフトの発生を検知できる。さらに（c）により筒内圧力とクランク角との関係が狂いを生ずることなく検出されているか否かを確認できる。

従って、筒内圧力検出器1の異常やクランク角との関係の異常を多面的に自動的に検知でき、該筒内圧力検出器1の異常状態があった場合における診断の暴走を確実に防ぐことが出来、この場合に第6図、第7図及び第20図等で示すように、診断を停止し燃焼制御装置200の制御のみで運転を行うかエンジンを停止してその修理を行うことが出来る。

即ち、燃焼制御装置はセンサ異常を検知すると、着火タイミングを安全な位置まで

遅角し、センサ異常状態を自己保持する。そして燃焼診断装置はセンサ交換後、自動復帰し、正常に診断を行うがこの状態では失火判定状態となる。

ここで、該当気筒を着火すると、該当気筒は安全な着火タイミング位置で運転開始する。この後、手動で燃焼制御装置に対し該当気筒のセンサ異常をリセットすることにより、制御が再開し、燃焼状態が正常よりやや低めの状態から正常状態に復帰する。

第20図は、本発明の実施例に係るガスエンジンの燃焼診断システムの全体構成図、第21図は、本発明の実施例に係るガスエンジンの燃焼診断システムの全体制御フローチャート図で、第9図に対応するが、燃焼域に対応するクランク角度範囲Aa～Abの範囲において検知される最高圧力 P_p に対応するクランク角

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

36

アングル P_{pang} に対応させてカテゴリ診断を行うとともに、正常範囲のみ無段階制御した図である。

第22図は、第20図～第21図の発明に適用されるアナログ式燃焼診断信号伝達方法の説明図である。

第23図(A)は、燃焼診断結果のカテゴリ情報に対するアナログ値の変化を示す全体の説明図で、第23図(B)は燃焼診断結果のカテゴリ情報に対するアナログ値の変化を示す拡大の説明図である。

第24図は、前記実施例における筒内圧力の診断検知説明用圧力線図である。そして本発明は、前記実施例と異なりシリアル伝送線でのアナログ値の段階的表示が可能のように、第24図に示す燃焼域に対応するクランク角度範囲 $A_a \sim A_b$ の範囲における検知圧力 P に対応させて夫々しきい値を設定している。

即ち、しきい値は、 P_{p0} 及び $P_{h1} : P_{max}$ 異常しきい値、 P_{h2} : ノッキングしきい値、 P_n : 失火、消炎しきい値、夫々のレベルは、 $P_{p0} \geq P_{h1} \geq P_{h2} \geq P_{sh} \geq P_{s1} \geq P_n$ のように段階的にレベルが低減するように設定している。

第21図に戻り、センサ異常処理判断フロー ($S'01$) 終了後センサ異常でなければ次に圧縮圧力 ΔP_0 が正常値から異常に低下しているか否かを判定する ($S'1$)。

エンジンの圧縮行程に対応するクランク角度の範囲において検知される前記基準差圧 ΔP_0 を、許容圧縮圧力比しきい値 P_{c0} と比較し、前記許容圧縮圧力しきい値 P_{c0} 以下のとき即ち $\Delta P_0 \leq P_{c0}$ のときには、ガス漏れ等の機械的トラブルによって圧縮圧力 P_c が正常値から異常に低下していると判定 ($S'1$)。

$S'2$ のとき又は $S'3$ での運転サイクルの回数 N_h が許容回数 N_{h0} を超えたとき即ち $N_h \geq N_{h0}$ のとき ($S'4$) には、筒内最高圧力 P_p が設計値 (正常値) から異常に上昇しているものと判定するステップ。

$S'5 \sim S'6$ のノッキング判定ステップ。

$S'7 \sim S'9$ の失火判定ステップと消炎発生の判定ステップは第9図と同様である。

従って、本実施例においては、前記所定クランク角範囲の燃焼域で採取した前記筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ を、各診断カテゴリ情報毎に設定したしきい値に基づ

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

37

いて燃焼診断を行い、且つ前記各診断カテゴリ情報毎のしきい値が、段階的にレベルが低減するように設定され、夫々のしきい値レベル段階で、異なるカテゴリ情報が判断できるようにし、焼最高圧力付近のクランク範囲に検知範囲を設定して、前記各診断カテゴリ情報毎のしきい値が、最高圧力異常しきい値 P_{p0} 及び P_{h1} 、 P_{h2} ：ノッキングしきい値、 P_n ：失火、消炎しきい値、夫々のしきい値で夫々のレベルは、 $P_n \leq P_{s1} \leq P_{sh} \leq P_{h2} \leq P_{h1} < P_{p0}$ のようにしている。

この結果、前記ステップ(S20)において、最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ が($\Delta P_p / \Delta P_0 < P_{h2}$)の正常燃焼時において、 $\Delta P_p / \Delta P_0$ がノッキングしきい値以下であるので、 $P_{h2} \sim P_n$ の値を $C_k \sim C_q$ の範囲の下記直線式に換算して燃焼診断装置にアナログ情報として伝達する。

$$C = \{ (C_q - C_k) / (P_n - P_{h2}) \} \times \{ (\Delta P_p / \Delta P_0) - P_{h2} \} + C_k$$

第20図は、かかる実施例に係るガスエンジンの燃焼診断システムの全体構成図で正常範囲のみ無段階制御した図で、燃焼域に対応するクランク角度範囲 $A_a \sim A_b$ の範囲において検知される最高圧力 P_p に夫々第23(A)及び第23図(B)に示すしきい値を設定して診断させるものである。

図において、20は多気筒エンジン、100は燃焼診断装置で、カム軸トップ位置、クランク角とともに、各クランク角毎に気筒数分の筒内圧力を検知し、第21図に基づくフローで燃焼診断を行い、診断判定結果は、そして前記した診断判定結果は、第23図(A)及び第23図(B)に示すように $C_p : P_{max}$ 異常判定アナログレベル、 C_e ：圧縮圧判定アナログレベル、 C_k ：ノッキング判定アナログレベル、 C_q ：消炎判定アナログレベル、 C_m ：失火判定アナログレベル、 C_x ：センサ異常判定アナログレベルで夫々設定し、夫々のレベルは、 $C_p > C_e > C_k > C_m > C_x$ のように段階的にアナログレベルが低減するように設定している。

即ち燃焼診断装置100から燃焼制御装置200側に伝送される診断結果の信号が、アナログレベルで構成され、各診断カテゴリ毎にアナログレベルが、段階的に低減するように設定され、燃焼制御装置200側で夫々のアナログレベル段階で、異なるカテゴリ情報が判断できるように出来、前記各診断カテゴリ毎におけるアナログレベルが、正常診断カテゴリのアナログレベルが中央に、最高圧力

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

38

異常や圧縮圧異常のようなエンジン全体の異常は高位に、失火、消炎、センサ異常、信号線断線等の気筒単位の異常は低位設定され、ノッキングしきい値と消炎しきい値の間に位置する正常燃焼圧力若しくは圧力比範囲を、燃焼制御装置側側に信号線 1 0 1 を介して各気筒毎にアナログレベルで伝送する際に、その圧力(圧力比)に応じたアナログレベルに変換して無段階的に制御されたアナログ信号を燃焼制御装置 2 0 0 側に伝送することことができ、多気筒のエンジンに用いられる内燃機関の燃焼診断・制御装置において、燃焼診断装置 1 0 0 と燃焼制御装置 2 0 0 間に、気筒数に対応した数のアナログ信号線 1 0 1 が接続され、各診断カテゴリ毎にアナログレベルが、段階的に低減するように設定されたアナログ信号をシリアルに送信して燃焼制御装置側で診断カテゴリの判別を行い、若しくはアナログレベルに応じた燃焼圧力若しくは圧力比を判別することが可能となる。

即ち、第 2 2 図に示すように、夫々のアナログレベルでシリアルにアナログ信号を送信することにより、診断結果のカテゴリ情報を K 段階のアナログ値で規定することにより、1 気筒に対し、1 本のアナログ信号線 1 0 1 で情報を伝達することが出来、m 気筒では m 本の信号線 1 0 1 で足りる。

又 1 本の信号線 1 0 1 と気筒情報が 1 : 1 で対応しているために、断線した気筒のみ制御不可となるのみで、他の気筒には影響せず、然もアナログ情報であるために、ノイズが載って誤作動になることもない。

又正常圧力範囲では、 $P = \Delta P_p / \Delta P_0$ を計算し、次に
 $C = (C_q - C_k) * (P - P_{h2}) / (P_n - P_{h2}) + C_k$ で
 $\{P_{h2} \sim P_n\} \rightarrow \{C_k \sim C_q\}$ で示すことにより正常圧力範囲での無段階圧力レベル情報を受け取ることが出来る。

そして燃焼制御装置側 2 0 0 では、第 2 0 図に示すように前記アナログ情報 $\{C_k \sim C_q\}$ を

$$P = \{ (P_n - P_{h2}) / (C_q - C_k) * (C - C_k) \} + P_{h2}$$

で

$$\{C_k \sim C_q\} \rightarrow \{P_{h2} \sim P_n\}$$

とアナログ情報から圧力情報に戻した後、フィードバックゲイン定数を F とし、

$$(\Delta T) = F * (P - P_{sm})$$

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

39

により噴射タイミングを $T \leftarrow T + \Delta T$ に更新する。

これにより正常圧力範囲 $\{P_{n2} \sim P_n\}$ で燃料着火タイミングを一定量(ΔT)遅角若しくは進角させることにより、更にエンジン性能を所要性能値に効率的に維持でき、燃焼制御装置200により、時々刻々の燃焼状態を燃焼診断装置で把握し、燃焼制御装置でパイロット燃料やガス燃料等の燃料着火タイミングや燃料噴射量を変えることにより燃焼状態を常時制御することができる。

次に第1図及び第5図に示す表示装置6の構成について第25図から第31図に基づいて説明する。

本発明の燃焼診断装置に接続する表示装置は、燃焼診断結果と圧力波形の2種類を表示することができる。

第25図は、燃焼診断装置から伝送された燃焼診断結果を表示装置に表示した表図で、各気筒番号を#1～#18として列側の項目に、又行側に設けた診断項目はセンサ異常(X)、最高圧力 P_p 異常(P)、ノッキング(K)、最高圧力 P_p 高め(H)、最高圧力 P_p 適性範囲(N)、最高圧力 P_p 低め(L)、消炎(Q)、失火(M)、圧縮圧低下(E)毎に燃焼診断装置から伝送された燃焼診断結果の夫々の項目を記号で表示装置で表示した例である。燃焼診断結果に従い1サイクル毎に四角の記号表示が更新される。

特に本実施例では気筒数が多いため、四角に抜き文字で燃焼カテゴリを示すことにより、認識しやすくしている。

第26図は、多気筒の一例として4気筒のエンジンにおける燃焼診断装置側と表示装置側の夫々の気筒の筒内圧力の伝送及び表示過程を示し、上から4段目までのグラフ図は、4気筒エンジン夫々の筒内圧力波形の計測結果で、カム軸トップ位置を0度として、クランク角1サイクル(一回転)毎の圧力波形が圧力センサでクランク角と対応させて等クランク毎に計測される。表示器124への出力波形、表示器に表示した筒内波形の一例を示す図である。

下から2番目のグラフは、燃焼診断装置が接続された表示器124に出力する波形である。表示は制御とは無関係なので、燃焼診断装置100から表示装置6でのデータ伝送方式は、シリアル伝送としている。このため軸トップ信号検知後に測定した波形中、燃焼診断に必要な太線で示した領域のみ表示器124へのデ

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

40

一タ伝送対象とするために筒内圧力検知器（センサ）での検知毎に時々刻々クランク角に同期して、診断装置側の第1のリングメモリに全気筒の燃焼状態を示す筒内圧力波形を書き込み、次のカム軸トップ位置より夫々 {a1}、{a2}、{a3}、{a4} づつ角度遅れを持たせて圧縮領域から燃焼領域までの所定クランク範囲の診断領域の角度波形を信号伝送線201に載せて送り、さらに次のカム軸トップを検知するまでの1サイクル=720度以内にシリアル伝送することで、限られた通信量を有効活用している。例えば送信領域を60～80°の範囲に設定すれば、圧力検知器1の検知速度に対応した波形を、さらに次のカム軸トップを検知するまでの1サイクル=720度以内に信号伝送線201でシリアル伝送することが可能となる。

最下段のグラフはシリアル伝送したデータを表示装置6のオシログラフ124に表示した筒内圧波形の様子を示す。

この時、各気筒の圧力波形は酷似しているので、表示装置6のオシログラフ124には一定圧力値 β 間隔で表示することにより、全ての波形を認識しやすくしている。

そのため診断装置側から伝送された夫々 {a1}、{a2}、{a3}、{a4} づつクランク角度遅れを持たせたものを逆にその角度分だけ時間進みを行って次のクランク角周期サイクルのカム軸トップ位置0°を基準として一定圧力値 β 間隔で上下に表示している。

第27図は、かかる表示を行うための燃焼診断装置側と表示装置側のデータ構成図の一例である。

先ず燃焼診断装置側のデータ処理構成要素について説明する。以下では理解を容易にするため4気筒の例をあげて説明する。

110は燃焼診断装置側のリングバッファメモリ `rbufl` (110) で、カム軸トップの原点位置 (0°) を記憶するリングメモリ部と、各気筒 #1～4の圧力波形データが少なくとも720°の1クランク角サイクル分以上、具体的には数クランクサイクル分記憶できるリングメモリ部が多環円状に具えている。

113は書き込みポインタで、夫々の気筒の筒内圧力検知器1及びクランク角検出器2よりの検出データを夫々対応するリングメモリ部に書き込ませるポイン

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

41

ト位置を設定する。

112は、カム軸トップの原点位置（0°）から圧力波形データ開始点までの相対角度情報a〔1～4〕を記憶させるメモリ、111は該相対角度情報a〔1～4〕に基づいて設定したタイミングで夫々{a1}、{a2}、{a3}、{a4}づつ角度遅れを持たせて対応するリングメモリ部より読み出す読み出しポイントである。

次に表示装置側のデータ処理構成要素について説明する。

120は表示装置側のリングバッファメモリrbuf2（120）で、燃料診断装置100側より送られた各気筒#1～4の圧力波形データが夫々{a1}、{a2}、{a3}、{a4}づつ角度遅れを持たせたものを逆にその角度分だけ時間進みを行って一定角度（wlen）分のデータ領域に順次記憶できる4つの多環リング円状のリングメモリ部を具えている。

121は書き込みポイントで、シリアル信号線101より送られてきたデータを夫々{a1}、{a2}、{a3}、{a4}の角度分だけ時間進みタイミングを持たせて前記各気筒#1～#4に対応するリングメモリ部に書き込むタイミングを設定する書込ポイントである。

122は、前記各気筒#1～#4に対応するリングメモリ部より一定圧力値β間隔で読み出して表示装置に上下に表示させるタイミングを設定する読み出しポイントである。

第28図～第31図は、前記データ構成図における波形測定フロー図で、第28図は燃焼診断装置（データ送出）側のクランク角割込処理フロー図、第29図は燃焼診断装置（データ送出）側のメイン処理フロー図、第30図は表示装置（データ受信）側のデータ受信割込処理フロー図、第31図は表示装置（データ受信）側のクランク角割込処理フロー図である。

第28図において、常時クランク角度検出器から発生する割込タイミング（S20）で起動させ、書き込みポイント113をK（0～4）に設定し（S21）、K=0でリングバッファメモリrbuf1の、カム軸トップの原点位置（0°）を記憶するリングメモリ部にカム軸トップの計測値を書込、以下順次各気筒#1～4の圧力波形データを対応するリングメモリ部に書き込ませる（S22）。

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

42

そして次のクランク角サイクルでも同様な動作を行い、以下書き込みポイントがリングバッファメモリ `r b u f 1` サイズを超えるまで各サイクル毎にカム軸トップの原点位置 (0°) と各気筒全ての圧力波形が対応するリングメモリ部へ時々刻々クランク角の書き込みタイミングに基づいて書き込みが続けられ、そして書き込みポイント `1 1 3` がリングバッファメモリ `r b u f 1` サイズを越えた場合 (`S 2 3`) は、書き込みポイントを $\rightarrow 0$ に初期化して (`S 2 4`) リングメモリ部の最初より上書きを行う。

第29図は燃焼診断装置（データ送出）側のメイン処理フロー図である。

書き込みポイント及び読み出しポイントを0に設定し (`S 2 0`)、クランク角検出器2でカム軸トップ位置を検出した後 (`S 3 2`) リングバッファ `r b u f 1` の書き込みメモリ領域が1クランク角 (720°) 以上の場合に (`S 3 2`)、`K` を気筒番号 #1 にして (`S 3 4`) タイミングメモリより `a 1` を読み出して診断領域に対応する角度領域の #1 の圧力領域を表示装置6側に信号線 `2 0 1` で送信する。

次に `K` を順次 #2 ~ #4 として (`S 3 7`) `K` が最大気筒数以下の場合にタイミングメモリより `a 2`、`a 3`、`a 4` ずつ読み出してそのタイミングで診断領域に対応する角度領域の #2 ~ #4 の圧力領域を表示装置側に順次送信する。 (`S 3 6`) そして最大気筒数以上になった場合に (`S 3 8`)、次の書き込み領域 `i p t r` を ++ にして (`S 3 9`) それが未書き込み領域の `r d p t r + w l e n` (診断領域に対応する角度領域) 以上の場合は (`S 4 0`)、前記と同様な動作を繰り返して、リングバッファ `r b u f 1` の未書き込みメモリ領域に順次書き込んでいき、次の書き込み領域 `i p t` が、`r d p t r + w l e n` (診断領域に対応する角度領域) 以下になった場合に、`r d p t r ++` にしてリングバッファ `r b u f 1` の上書き位置に移行する。 (`S 4 1`)

従って燃焼診断装置 100 では筒内圧力センサ1及びクランク角検出器2でカム軸トップ位置、計測した各気筒の筒内圧データをリングバッファ `r b u f 1` に格納することが出来る。

次に表示装置（データ受信）側について説明する。

第30図において、データ受信割込処理は、カム軸トップ検出毎に信号伝送線

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

43

201から受信するデータ受信毎に割り込み処理が起動して(S50A)、書き込みポインタをiptrに設定し(S50)、気筒#1～#4の夫々のデータをリングバッファrbuf2の対応するリングメモリ部に書き込む。(S50)

前記気筒#1～#4の夫々のデータをリングバッファrbuf2のiptr領域に書き込んだ後、書込領域をiptr++に進ませて(S52)1サイクル期間中の全データを書き終えるまで同様な動作を行う。(S53)

そして全データを書き終えた後書込ポインタ122を更新して次のサイクルのデータ書込を行う。(S54)

次に第31図に基づいて表示装置(データ受信)側のメイン処理フローを説明する。

まず書込ポインタと読み出しポインタの位置が一致していないか判断し(S60)、一致している場合は、一定角度wlen進ませてカム軸トップ検知後1クランク分のデータが揃うまで待つ。(S66)

{書込ポインタWTPTR-読み出しポインタRDPTR}の差が、リングバッファメモリの剰余最大値が一定角度wlen以上ある場合に(S61)、読み出しポインタをカム軸トップ位置に合わせて(S62)、気筒#1～#4の夫々のデータをリングバッファrbuf2の対応するリングメモリ部から読み出す(S63)。

そして、カム軸トップから圧力波形データ開始点までの相対角度情報a[1, 2...]からの一定角度(wlen)分のデータ(診断領域の圧力波形)を1クランク分のデータが揃った時点例えば次のクランク角サイクルのカム軸トップ検知時に表示装置のオシロスコープ124画面に波形を一定圧力値β間隔で表示する。

そして前記気筒#1～#4の夫々のデータをリングバッファrbuf2のiptr領域から読み出した後、読み出し領域をiptr++に進ませて(S65)一定角度wlenに1サイクル期間中の全データを書き終えるまで同様な動作を行う。

その後読み出しポインタの位置が一致していないか判断し、一致している場合は、一定角度wlen進ませてS61に戻り、次のサイクルの読み出しを行う。

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

44

産業上の利用可能性

以上記載のごとく本発明によれば、筒内圧力の検出値に基づく圧力比を用いて燃焼診断を行うことにより、1つの燃焼診断システムで以ってノッキング、失火、筒内最高圧力の過昇、消炎の発生を検知し得る燃焼診断を行うことができ、簡単な構成かつ低コストの装置でエンジンに必要な全ての燃焼診断を行うことができる。

また前記のように筒内圧力をベースとした圧力比を用いて燃焼診断を行うので、筒内圧力の絶対値は不要となり、筒内圧力検出機器からの出力レベルが全体的に低下した場合においても、燃焼診断の精度を低下させることなく正常な診断を維持できる。これにより燃焼診断システムの使用寿命を延長できる。

また筒内圧力の検出信号をノイズ除去を行うのみで燃焼診断に用いることにより高精度の燃焼診断が可能となり、複雑な演算処理が不要となって燃焼診断操作が高効率される。

さらに、筒内圧力検出値のみを用いて直接的に燃焼診断を行うことができるので、簡単な手段（ステップ）で高精度の燃焼診断が可能となる。

従って、本発明によれば、簡単な設備でかつ簡易な手法で以ってノッキング、失火、筒内最高圧力の過昇、消炎の発生という必要とする燃焼診断を全て行うことができ、エンジンの燃焼性能の低下を迅速かつ高精度で検知することが可能となる。

また本発明によれば、変動の小さい吸気圧力を含む圧縮始め以前の基準圧力(P_p)との差圧($\Delta P = P - P_p$)をベースとした筒内圧力比($\Delta P / \Delta P_p$)を用いて燃焼診断を行うので、筒内圧力の絶対値は不要となり、筒内圧力検出器からの出力レベルが全体的に低下し、あるいは上昇した場合においても、燃焼診断の精度を低下させることなく所定の精度を維持して正常な診断を行うことができる。

また本発明によれば、燃焼診断装置によって筒内最高圧力比($\Delta P_p / \Delta P_p$)が許容最高圧力比(P_{p0})の設定値を超える診断結果が出力されたときには燃焼制御装置によってエンジンの停止装置を作動させ該エンジンを停止せしめることにより、筒内最高圧力の過大の検知及び対応処置が正確かつ迅速にでき、筒内最高圧力過大によるエンジンの破損あるいは耐久性の低下を確実に防止できる。

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

45

また、燃焼診断装置により筒内最高圧力比 ($\Delta P_p / \Delta P_0$) が基準最高圧力比の最大値 (P_{s_h}) を超える診断結果が出力されたときには燃焼制御装置によって燃料着火タイミングを一定量遅角させ、筒内最高圧力比 ($\Delta P_p / \Delta P_0$) が基準最高圧力比の最小値 (P_{s_l}) を以下になった診断結果が出力されたときには燃料着火タイミングを一定量進角させることにより、筒内最高圧力を常時基準最高圧力の範囲に保持でき、エンジン性能を所要性能値に維持できるとともに燃焼温度過昇によるNOx発生量の増大を抑制できる。

また本発明によれば、燃焼診断装置により筒内最高圧力比 ($\Delta P_p / \Delta P_0$) が該筒内最高圧力比によって設定されたノッキング許容値になった診断結果が出力されたときには、燃焼制御装置によって燃料着火タイミングを一定量遅角させることにより、ノッキングの発生を迅速かつ確実に回避できるとともに、常時エンジン性能をノッキングの発生寸前の高性能域で運転できる。

また本発明によれば、燃焼診断装置によって筒内最高圧力比 ($\Delta P_p / \Delta P_0$) 及びその継続サイクル数が該筒内最高圧力比によって設定された失火許容圧力比及び許容継続サイクル数になった診断結果が出力されたときには燃焼制御装置によって当該失火発生シリンダの燃料噴射を遮断せしめることにより、失火の発生を迅速かつ確実に検知できるとともに、当該発生シリンダについて失火対応処置つまり燃料噴射の遮断措置を行うことによって他のシリンダでの運転を当該発生シリンダの失火に影響されることなく円滑に行うことができる。

また本発明によれば、燃焼診断装置によって筒内最高圧力比 ($\Delta P_p / \Delta P_0$) 及び燃焼圧力比 ($\Delta P_1 / \Delta P_0$) が許容最小圧力比 P_n 及び失火許容圧力比 P_m よりも小さくなり、燃焼圧力比 $\Delta P_2 / \Delta P_0$ が消炎許容圧力比 P_{m1} よりも大きくなった診断結果が出力されたときには燃焼制御装置によって当該消炎発生シリンダの燃料噴射量を増加せしめることにより、消炎の発生を迅速かつ確実に検知でき、当該発生シリンダについて消炎対応処置つまり燃料噴射噴射量の増加を行うことによって消炎の継続を回避できるとともに、他のシリンダによる運転を当該消炎発生シリンダに影響されることなく円滑に行うことができる。

また本発明によれば、エンジン負荷またはエンジン回転数または吸気温度を含むエンジン運転条件の関数で変化させることにより、エンジンの運転条件をエン

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

46

ジン負荷、エンジン回転数、吸気温度等により検出し、筒内最高圧力許容値、圧縮圧力許容値、ノッキング許容値、失火、消炎許容値等の燃焼診断項目のしきい値をエンジン運転条件の変化に応じて自在に変化させることができる。

これにより、燃焼状態診断にあたって、燃焼診断項目における基準値（しきい値）をエンジン運転条件に適合した値に調整でき、燃焼診断精度を高く維持することができる。

また本発明によれば、燃焼診断装置によって筒内圧力検出器の異常の診断結果が出力されたときには燃焼制御装置によって当該筒内圧力検出器異常シリンダの燃料着火タイミングを安全位置まで一定量遅角させ、筒内圧力検出器の復旧後前記燃焼診断装置が自動的に正常作動に復帰するとともに燃焼制御装置を正常作動させ、異常シリンダの燃料着火タイミングを正常に戻すことが可能となる。

これにより、筒内圧力検出器に異常が発生した場合において、当該異常発生シリンダの燃料着火タイミング及び燃料噴射量を前記異常に対応する状態に調整しつつ筒内圧力検出器の復旧を行い該センサの復旧後は自動的に正常な燃焼制御に復帰でき、エンジンの運転を停止することなく前記筒内圧力の異常発生に対処することができる。

さらに本発明によれば、常識的な筒内圧力の最大値及び最小値を超える圧力信号を検知することにより筒内圧力検出器のスパークノイズ、断線、接触不良等の発生を検知でき、また筒内圧力検出器の経時変化によるドリフトの発生を検知でき、さらに筒内圧力とクランク角との関係が狂いを生ずることなく検出されているか否かを確認できる。

これにより、筒内圧力検出器の異常を多方向から自動的に検知できて、該筒内圧力検出器の異常状態からの復帰を迅速になすことができ、燃焼診断を円滑に行うことができる。

又本発明によれば、筒内圧力センサの温度変化、経年変化によるドリフトが生じて燃焼診断結果には影響せず、かつ異常燃焼と筒内圧力センサの破損、断線等の異常を検出できる。

又本発明によれば、従来検知が難しかったノッキング状態を筒内圧計測した差圧に対して圧力比を指標とする事により間接的に把握できるのでしきい値を調

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

47

整する事による常時ノッキング 限界での運転が可能となり、結果として エンジン効率を向上させることができる。

更に本発明によれば、燃焼診断装置が故障等で停止した場合でも燃焼制御装置が燃料噴射タイミングを安全な位置まで遅角するため、エンジンを止めることなく燃焼診断装置の復旧ができる。

又本発明によれば、従来の結線に比べ、燃焼診断装置～燃焼制御装置間の信号線の数減らすことができるとともに、信号線が断線してもその影響は該当気筒のみであり、かつ信号線のアナログ値がどのカテゴリにも属さない零レベルとなることより、デジタル信号線 1 0 1 では検出不可能である断線した信号線 1 0 1 を特定できる。

又本発明によれば、エンジン運転中に筒内圧力センサが破損した場合においても、燃焼制御装置が該当気筒のセンサ異常状態をセンサ交換後の再燃焼まで自己保持することにより、エンジンを停止させずにセンサ交換が可能となった。

又本発明によれば、時々刻々変化する燃焼状態の可視化が可能となり、特に時間的にオーバーラップして発生する筒内圧力波形データを燃焼診断装置で一時記憶後、表示装置にシリアル通信で出力することにより、燃焼診断を行いながら複数気筒の圧力波形観測が可能となった。

更に正常燃焼状態では圧力目標値からの偏差量をフィードバックする無段階制御とすることにより、よりきめ細かい制御が可能となり、結果としてエンジン効率をさらに向上することができる。

尚、本発明は、前記実施例に係るパイロット燃料で着火を行うガスエンジンに限らず、他のガスエンジン、ディーゼルエンジン等、全ての往復動内燃機関全般に適用できる。

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

48

請 求 の 範 囲

1. 燃料ガスを空気と混合しエンジンの燃焼室内にて燃焼せしめるように構成されたガスエンジンを含む内燃機関（エンジン）における燃焼診断・制御装置において、

前記燃焼室内の圧力を検出する筒内圧力検出器を設けるとともに、

前記筒内圧力検出器からの筒内圧力検出値に基づき筒内最高圧力 P_p と圧縮行程における1又は複数の任意点の圧縮圧力 P_o との最高圧力比 P_p/P_o を算出する手段（ステップ）と、

前記最高圧力比 P_p/P_o と診断カテゴリ別に段階的に設定された圧力比（以下しきい値圧力比という）と比較する手段（ステップ）と、

一若しくは複数の運転サイクル毎に前記比較出力を判定して前記燃焼室内における筒内圧力状態等の燃焼状態の診断を行う手段（ステップ）からなることを特徴とする内燃機関の燃焼診断・制御装置。

2. 請求の範囲第1項記載の内燃機関の燃焼診断・制御装置において、

前記しきい値圧力比をエンジン負荷またはエンジン回転数または吸気温度を含むエンジン運転条件の関数で変化させることを特徴とする内燃機関の燃焼診断・制御装置

3. 請求の範囲第1項記載の内燃機関の燃焼診断・制御装置において、

前記最高圧力比 P_p/P_o が設定された許容最高圧力比 P_{p0} を超えたときまたは前記最高圧力比 P_p/P_o が設定された圧力比 P_{h1} を超える（ $P_p/P_o \geq P_{h1}$ ）運転サイクルの回数 N_h が許容回数 N_{h0} を超えたとき（ $N_h \geq N_{h0}$ ）前記燃焼室内における燃焼異常の判定を行う手段（ステップ）とを有することを特徴とする内燃機関の燃焼診断・制御装置。

4. 請求の範囲第1項記載の内燃機関の燃焼診断・制御装置において、

前記圧縮行程における任意点の圧縮圧力 P_o が設定された許容圧縮圧力 P_{c0} 以下のとき（ $P_o \leq P_{c0}$ ）前記圧縮圧力 P_o の異常判定を行う手段（ステップ）を備えてなることを特徴とする内燃機関の燃焼診断・制御装置。

5. 請求の範囲第1項記載の内燃機関の燃焼診断・制御装置において、

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

49

過去の複数サイクル中において前記最高圧力比 P_p/P_0 が設定されたノッキング許容圧力比 P_{n2} を超える ($P_p/P_0 \geq P_{n2}$) サイクルの発生数 S_n が許容発生数 S_{n0} を超えたとき ($S_n \geq S_{n0}$) 前記燃焼室内におけるノッキング発生の判定を行う手段 (ステップ) とを有することを特徴とする内燃機関の燃焼診断・制御装置。

6. 請求の範囲第1項記載の内燃機関の燃焼診断・制御装置において、

前記筒内圧力検出器からの筒内圧力検出値に基づき筒内最高圧力 P_p と圧縮行程における任意点の圧縮圧力 P_0 との最高圧力比 P_p/P_0 を算出する手段 (ステップ) 及び燃焼行程における任意点の圧力 P_1 と前記圧縮行程における任意点の圧力 P_0 との燃焼圧力比 P_1/P_0 を算出する手段 (ステップ) と、

前記最高圧力比 P_p/P_0 が設定された許容最小圧力比 P_n よりも小さく ($P_p/P_0 \leq P_n$) かつ前記燃焼圧力比 P_1/P_0 が設定された失火許容圧力比 p_m よりも小さく ($P_1/P_0 \leq p_m$) になるとき前記燃焼室内における失火発生の判定を行う手段 (ステップ) とを有することを特徴とする内燃機関の燃焼診断装置。

7. 請求の範囲第1項記載の内燃機関の燃焼診断・制御装置において、

前記燃焼行程における前記任意点の圧力 P_1 よりも低圧側の圧力 P_2 と前記圧縮行程における任意点の圧力 P_0 との燃焼圧力比 P_2/P_0 を算出する手段 (ステップ) を有し、前記最高圧力比 P_p/P_0 が設定された許容最小圧力比 P_n よりも小さく ($P_p/P_0 \leq P_n$) かつ前記燃焼圧力比 P_1/P_0 が設定された失火許容圧力比 p_m よりも小さく ($P_1/P_0 \leq p_m$) かつ燃焼圧力比 P_2/P_0 が消炎許容圧力比 P_{m1} よりも大きいとき ($P_2/P_0 \geq P_{m1}$) 前記燃焼室内における消炎発生の判定を行う手段 (ステップ) とを有することを特徴とする内燃機関の燃焼診断・制御装置。

8. 燃料ガスを空気と混合しエンジンの燃焼室内にて燃焼せしめるように構成されたガスエンジンを含む内燃機関における燃焼診断・制御方法において、前記燃焼室内における筒内圧力を検出し、該筒内圧力の検出値 P と吸気圧力を含む圧縮始め以前の基準圧力 P_n との差圧 ΔP ($\Delta P = P - P_n$) をクランク角に対応させて算出し、各クランク角における前記差圧 ΔP と圧縮行程における一又は複数の任意点の差圧 ΔP_0 との筒内圧力比 $\Delta P/\Delta P_0$ を用いて前記燃焼室内に

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

50

おける筒内圧力状態等の燃焼状態の診断を行うことを特徴とする内燃機関の燃焼診断・制御方法。

9. 前記筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ と診断カテゴリ別に段階的に設定された圧力比（しきい値圧力比という）と比較し、一若しくは複数の運転サイクル毎に前記比較出力を判定して前記燃焼室内における筒内圧力状態等の燃焼状態の診断を行うことを特徴とする請求の範囲第8項記載の内燃機関の燃焼診断・制御方法。

10. 前記筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ における筒内最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ が設定された許容最高圧力比 P_{p0} を超えたとき（ $\Delta P_p / \Delta P_0 \geq P_{p0}$ ）前記エンジンを停止することを特徴とする請求の範囲第9項記載の内燃機関の燃焼診断・制御方法。

11. 前記筒内最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ が設定された基準最高圧力比の最大値 P_{sh} を超えたとき（ $\Delta P_p / \Delta P_0 \geq P_{sh}$ ）、前記エンジンのクランク角において燃料着火タイミングを一定量遅角させ、前記筒内最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ が設定された基準最高圧力比の最小値 P_{s1} 以下のとき（ $\Delta P_p / \Delta P_0 \leq P_{s1}$ ）前記燃料着火タイミングを一定量進角させることを特徴とする請求の範囲第9項記載の内燃機関の燃焼診断・制御方法。

12. 前記圧縮行程における任意点の差圧 ΔP_0 が設定された許容圧縮差圧 P_{c0} 以下のとき（ $\Delta P_0 \leq P_{c0}$ ）、前記エンジンを停止することを特徴とする請求の範囲第9項記載の内燃機関の燃焼診断・制御方法。

13. 前記筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ における筒内最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ が少なくとも筒内最高圧力比によって設定されたノッキング許容圧力比 P_{h2} を超えるとき（ $\Delta P_p / \Delta P_0 \geq P_{h2}$ ）、前記エンジンのクランク角において燃料着火タイミングを一定量遅角させることを特徴とする請求の範囲第9項記載の内燃機関の燃焼診断・制御方法。

14. 前記筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ における筒内最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ が少なくとも筒内最高圧力比によって設定された失火の許容最小圧力比 P_n 以下になったとき（ $\Delta P_p / \Delta P_0 \leq P_n$ ）、前記燃焼室内における失火発生の判定を行い、当該失火発生シリンダの燃料噴射を遮断することを特徴とする請求の範囲第9項記載の内燃機関の燃焼診断・制御方法。

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

51

15. 前記筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ における筒内最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ 及び燃焼行程における燃焼圧力比 $\Delta P_1 / \Delta P_0$ が夫々許容最小圧力比 P_n 及び失火許容圧力比 P_m よりも小さく ($\Delta P_p / \Delta P_0 \leq P_n$ 及び $\Delta P_1 / \Delta P_0 \leq P_m$)、燃焼圧力比 $\Delta P_2 / \Delta P_0$ が消炎許容圧力比 P_{m1} よりも大きくなったとき、前記燃焼室内における消炎発生の判定を行い、当該消炎発生シリンダの燃料噴射量を増加することを特徴とする請求の範囲第9項記載の内燃機関の燃焼診断・制御方法。

16. 請求項9記載のしきい値圧力比が、前記許容最高圧力比 P_{p0} 、基準最高圧力比の最大値 P_{sh} ノッキング許容圧力比 P_{n2} 前記失火最小圧力比 P_n 前記失火許容圧力比 P_m 及び消炎許容圧力比 P_{m1} のいずれかであり、これらのしきい値圧力比および請求の範囲第12項記載の許容圧縮差圧 P_{c0} がエンジン負荷またはエンジン回転数または吸気温度を含むエンジン運転条件の関数で変化させることを特徴とする請求の範囲第9項記載の内燃機関の燃焼診断・制御方法。

17. 燃料ガスを空気と混合しエンジンの燃焼室内にて燃焼せしめるように構成されたガスエンジンを含むエンジン（内燃機関）における燃焼診断・制御方法において、

前記燃焼室内における筒内圧力を検出して燃焼診断装置に入力する筒内圧力検出器の異常が検知されたとき、前記エンジンの燃料（パイロット燃料を含む）着火タイミング、燃料噴射量を含む燃焼制御を行う燃焼制御装置により当該筒内圧力検出器が異常のシリンダの燃料着火タイミングを安全位置までクランク角において一定量遅角させ、前記筒内圧力検出器が交換、修理等により異常状態から復帰した後、前記燃焼診断装置を正常作動に復帰させるとともに、前記燃焼制御装置を正常作動させて前記異常シリンダの燃料着火タイミングを正常タイミングに戻すことを特徴とする内燃機関の燃焼診断・制御方法。

18. 燃料ガスを空気と混合しエンジンの燃焼室内にて燃焼せしめるように構成されたガスエンジンを含む内燃機関（エンジン）における燃焼診断・制御方法において、

前記燃焼室内における筒内圧力を検出して燃焼診断装置に入力する筒内圧力検出器について、吸気行程～燃焼行程までの任意のクランク角度範囲で夫々複数種の異常判定ステップを確認し、何れか1つのステップを満足しない状態が設定さ

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

52

れた i 回（複数回）以上連続したとき該筒内圧力検出器が異常であると判定することを特徴とする内燃機関の燃焼診断・制御方法。

19. 前記複数種の異常判定ステップが、

(a) 全行程におけるクランク角度範囲の圧力検知器 1 の値が該検知器の測定レンジ範囲 $P_{Ta} \sim P_{Tb}$ に入っているかを判断するステップ、

(b) 吸気行程で、吸気圧の許容最大値 $P_{Sb} \sim$ 許容最小値 P_{Sa} に入っているかを判断するステップ

(c) 更に最高圧力 P_p におけるクランク角 P_{pang} が燃焼域に対応するクランク角度範囲 $Aa \sim Ab$ の範囲にあるか否かのステップ

(d) 吸気圧力を含む圧縮始め以前の基準圧力 P_b の過去 n サイクルの値 $\{P_{bj-n+1}, P_{bj-n+2}, P_{bj-n+3}, \dots, P_{bj}\}$ の標準偏差の値が標準偏差の許容しきい値を超えたか否かの判定を通して、定常ノイズが許容範囲 ε 以内にあるか否かを検知できるステップ

からなることを特徴とする請求の範囲第 18 項記載の内燃機関の燃焼診断・制御方法。

20. 燃料ガスを空気と混合しエンジンの燃焼室内にて燃焼せしめるように構成されたガスエンジンを含む内燃機関（エンジン）の燃焼診断及び燃焼制御装置において、

前記燃焼室内における筒内圧力を検出する筒内圧力検出器と、前記エンジンのクランク角を検出するクランク角検出器とを設けるとともに、

前記筒内圧力検出器から入力される筒内圧力検出値及びクランク角検出器から入力されるクランク角検出値に基づき該筒内圧力の検出値 P と吸気圧力を含む圧縮始め以前の基準圧力 P_b との差圧 ΔP ($\Delta P = P - P_b$) をクランク角に対応させて算出する手段（ステップ）、

各クランク角における前記差圧 ΔP と圧縮行程における任意点の差圧 ΔP_0 との筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ を算出する手段（ステップ）、

及び前記筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ を用いて前記燃焼室内における筒内圧力状態等の燃焼状態の診断を行う燃焼状態診断手段（ステップ）を備えた燃焼診断装置と、

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

53

該燃焼状態診断手段（ステップ）から出力される燃焼状態診断結果に基づき前記エンジンの燃焼状態を制御する燃焼制御装置とを備えたことを特徴とする内燃機関の燃焼診断・制御装置。

21. 前記燃焼診断装置は前記筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ における筒内最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ と許容最高圧力比 P_{p0} の設定値とを比較してその比較結果を出力する手段（ステップ）を備え、

前記燃焼制御装置は前記燃焼診断装置から出力される前記比較結果が $(\Delta P_p / \Delta P_0) \geq P_{p0}$ であるとき前記エンジンの停止装置を作動させて該エンジンを停止せしめる手段（ステップ）を備えたことを特徴とする請求の範囲第20項記載の内燃機関の燃焼診断・制御装置。

22. 前記燃焼診断装置は前記筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ における筒内最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ と基準最高圧力比の最大値 P_{sh} とを比較するとともに前記筒内最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ と基準最高圧力比の最小値 P_{s1} とを比較してその比較結果を出力する手段（ステップ）を備え、前記燃焼制御装置は前記比較結果が $(\Delta P_p / \Delta P_0) > P_{sh}$ のとき前記エンジンのクランク角においてパイロット燃料を含む燃料着火タイミングを一定量遅角させ、前記比較結果が $(\Delta P_p / \Delta P_0) \leq P_{s1}$ のとき前記燃料着火タイミングを一定量進角させる手段（ステップ）を備えたことを特徴とする請求の範囲第20項記載の内燃機関の燃焼診断・制御装置。

23. 前記燃焼診断装置は前記筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ における筒内最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ と該筒内最高圧力比によって設定されたノッキング許容値 P_{h2} とを比較し前記筒内最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ が少なくとも前記ノッキング許容値 P_{h2} を超えるとノッキングの発生を判定する手段（ステップ）を備え、前記燃焼制御装置は該燃焼診断装置からのノッキング発生の判定信号を受けて前記エンジンのクランク角において燃料着火タイミングを一定量遅角させる手段（ステップ）を備えたことを特徴とする請求の範囲第20項記載の内燃機関の燃焼診断・制御装置。

24. 前記燃焼診断装置は前記筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ における筒内最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ と該筒内最高圧力比によって設定された失火許容圧力比とを比較し前記筒内最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ が少なくとも筒内最高圧力比によって設

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

54

定された失火の許容最小圧力比 P_n 以下のとき前記燃焼室内における失火発生の判定信号を出力する手段（ステップ）を備え、

前記燃焼制御装置は前記失火発生の判定信号を受けて当該失火発生シリンダの燃料噴射を遮断せしめる手段（ステップ）を備えたことを特徴とする請求の範囲第20項記載の内燃機関の燃焼診断・制御装置。

25. 前記燃焼診断装置は、前記筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ における筒内最高圧力比 $\Delta P_p / \Delta P_0$ 及び燃焼行程における燃焼圧力比 $\Delta P_1 / \Delta P_0$ が夫々許容最小圧力比 P_n 及び失火許容圧力比 P_m よりも小さく、かつ燃焼圧力比 $\Delta P_2 / \Delta P_0$ が消炎許容圧力比 P_{m1} よりも大きくなったとき前記燃焼室内における消炎発生の判定信号を出力する手段（ステップ）を備え、

前記燃焼制御装置は前記消炎発生の判定信号を受けて当該消炎発生シリンダの燃料（副室のパイロット燃料を含む）噴射量を増加せしめる手段（ステップ）を備えたことを特徴とする請求の範囲第22項記載の内燃機関の燃焼診断・制御装置。

26. 燃料ガスを空気と混合しエンジンの燃焼室内にて燃焼せしめるように構成されたガスエンジンを含む内燃機関（エンジン）の燃焼診断及び燃焼制御装置において、

前記燃焼室内における筒内圧力を検出する筒内圧力検出器と、前記エンジンのクランク角を検出するクランク角検出器とを設けるとともに、前記筒内圧力検出器から入力される筒内圧力検出値及びクランク角検出器から入力されるクランク角検出値に基づき燃焼域における該筒内圧力の検出値 P と吸気圧力を含む圧縮始め以前の基準圧力 P_0 との差圧 ΔP ($\Delta P = P - P_0$) を前記燃焼域において算出する手段（ステップ）、前記差圧 ΔP と筒内圧力の任意点の差圧 ΔP_0 との筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ を算出する手段（ステップ）、及び前記筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ を用いて前記燃焼室内における筒内圧力状態等の燃焼状態の診断を行いその診断結果の少なくとも一部をアナログ情報として出力可能に圧力／アナログ電圧変換手段を具えた燃焼診断装置と、該燃焼状態診断装置から出力されるアナログ情報を圧力情報に戻して前記エンジンの燃焼状態を制御する燃焼制御装置とを備えたことを特徴とする内燃機関の燃焼診断・制御装置。

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

55

27. 前記アナログ情報を圧力情報に戻した診断結果に基づいて前記エンジンの停止、前記エンジンのパイロット燃料を含む燃料着火タイミングを制御若しくは前記燃料噴射量の制御を行うことを特徴とする請求の範囲第26項記載の内燃機関の燃焼診断・制御装置。

28. 前記所定クランク角範囲の燃焼域で採取した前記筒内圧力比 $\Delta P / \Delta P_0$ を、各診断カテゴリ情報毎に設定したしきい値に基づいて燃焼診断を行うことを特徴とする請求の範囲第26項記載の内燃機関の燃焼診断・制御装置。

29. 前記各診断カテゴリ情報毎のしきい値が、段階的にレベルが低減するように設定され、夫々のしきい値レベル段階で、異なるカテゴリ情報が判断できるようにしたことを特徴とする請求の範囲第26項記載の内燃機関の燃焼診断・制御装置。

30. 燃焼最高圧力付近のクランク範囲に検知範囲を設定して、前記各診断カテゴリ情報毎のしきい値が、最高圧力異常しきい値 P_{p0} 及び P_{h1} 、 P_{h2} ：ノッキングしきい値、 P_n ：失火、消炎しきい値、夫々のしきい値で夫々のレベルは、 $P_n \leq P_{s1} \leq P_{sh} \leq P_{h2} \leq P_{h1} < P_{p0}$ のようにしていることを特徴とする請求の範囲第26項記載の内燃機関の燃焼診断・制御装置。

31. 燃焼診断装置から燃焼制御装置側に伝送される診断結果の信号が、アナログレベルで構成され、各診断カテゴリ毎にアナログレベルが、段階的に低減するように設定され、燃焼制御装置側で夫々のアナログレベル段階で、異なるカテゴリ情報が判断できるようにしたことを特徴とする請求の範囲第26項記載の内燃機関の燃焼診断・制御装置。

32. 前記各診断カテゴリ毎におけるアナログレベルが、正常診断カテゴリのアナログレベルが中央に、最高圧力異常や圧縮圧異常のようなエンジン全体の異常は高位に、失火、消炎、センサ異常、信号線断線等の気筒単位の異常は低位設定しているしたことを特徴とする請求項31記載の内燃機関の燃焼診断・制御装置。

33. ノッキングしきい値と消炎しきい値の間に位置する正常燃焼圧力若しくは圧力比範囲を、燃焼制御装置側にアナログレベルで伝送する際に、その圧力（圧力比）に応じたアナログレベルに変換して無段階的に制御されたアナログ信号を

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

56

燃焼制御装置側側に伝送することを特徴とする請求の範囲第26項記載の内燃機関の燃焼診断・制御装置

34. 多気筒のエンジンに用いられる請求の範囲第26項記載の内燃機関の燃焼診断・制御装置において、

燃焼診断装置と燃焼制御装置間に、気筒数に対応した数のアナログ信号線が接続され、各診断カテゴリ毎にアナログレベルが、段階的に低減するように設定されたアナログ信号をシリアルに送信して燃焼制御装置側で診断カテゴリの判別を行い、若しくはアナログレベル応じた燃焼圧力若しくは圧力比を判別することを特徴とする内燃機関の燃焼診断・制御装置

35. 燃料ガスを空気と混合しエンジンの燃焼室内にて燃焼せしめるように構成されたガスエンジンを含む内燃機関（エンジン）であって、前記燃焼室内における筒内圧力を検出する筒内圧力検出器と、前記エンジンのクランク角を検出するクランク角検出器とを設けてなり、前記燃焼室内における筒内圧力を検出して燃焼診断装置に入力された筒内圧力を波形表示する表示装置を具えた燃焼診断・制御装置において、

診断装置側にカム軸トップ位置とクランク角に対応した夫々の気筒の圧力波形を記憶させる第1のリングメモリを設け、

表示装置側に一定角度領域毎に夫々の気筒の圧力波形を記憶させる第2のリングメモリと、1つの表示部とを設け、

診断装置側の第1のリングメモリには、カム軸トップの原点位置検知後クランク角検出器より発生する割込で起動し、各気筒の対応するリングメモリ部に夫々所定クランク角毎に燃焼状態を示す筒内圧力波形を書き込むステップ手段（ステップ）を有し、

一方、表示装置側の第2のリングメモリには、カム軸トップの原点位置検出毎に、発生するデータ受信毎に起動し、各気筒の対応するリングメモリ部の所定角度領域に、前記全気筒の筒内圧力波形を書き込むステップ手段（ステップ）を有し、

該第2のリングメモリの所定角度領域より、前記全気筒の筒内圧力波形を読み出し、該全気筒の筒内圧力波形を、圧力をずらして1の表示部に表示することを特

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

57

徴とする内燃機関の燃焼診断・制御装置

36. 請求の範囲第33項記載の内燃機関の燃焼診断・制御装置において、筒内圧力検知器（センサ）での検知毎に時々刻々クランク角に同期して、診断装置側の第1のリングメモリに全気筒の燃焼状態を示す筒内圧力波形を書き込み、一方、表示装置側の第2のリングメモリには1クランク角サイクル（720°）終了後の次のクランクサイクルのカム軸トップの原点位置を検出して、前記前のクランク角サイクル全気筒の筒内圧力波形を書き込み、1の表示部に表示することを特徴とする内燃機関の燃焼診断・制御装置

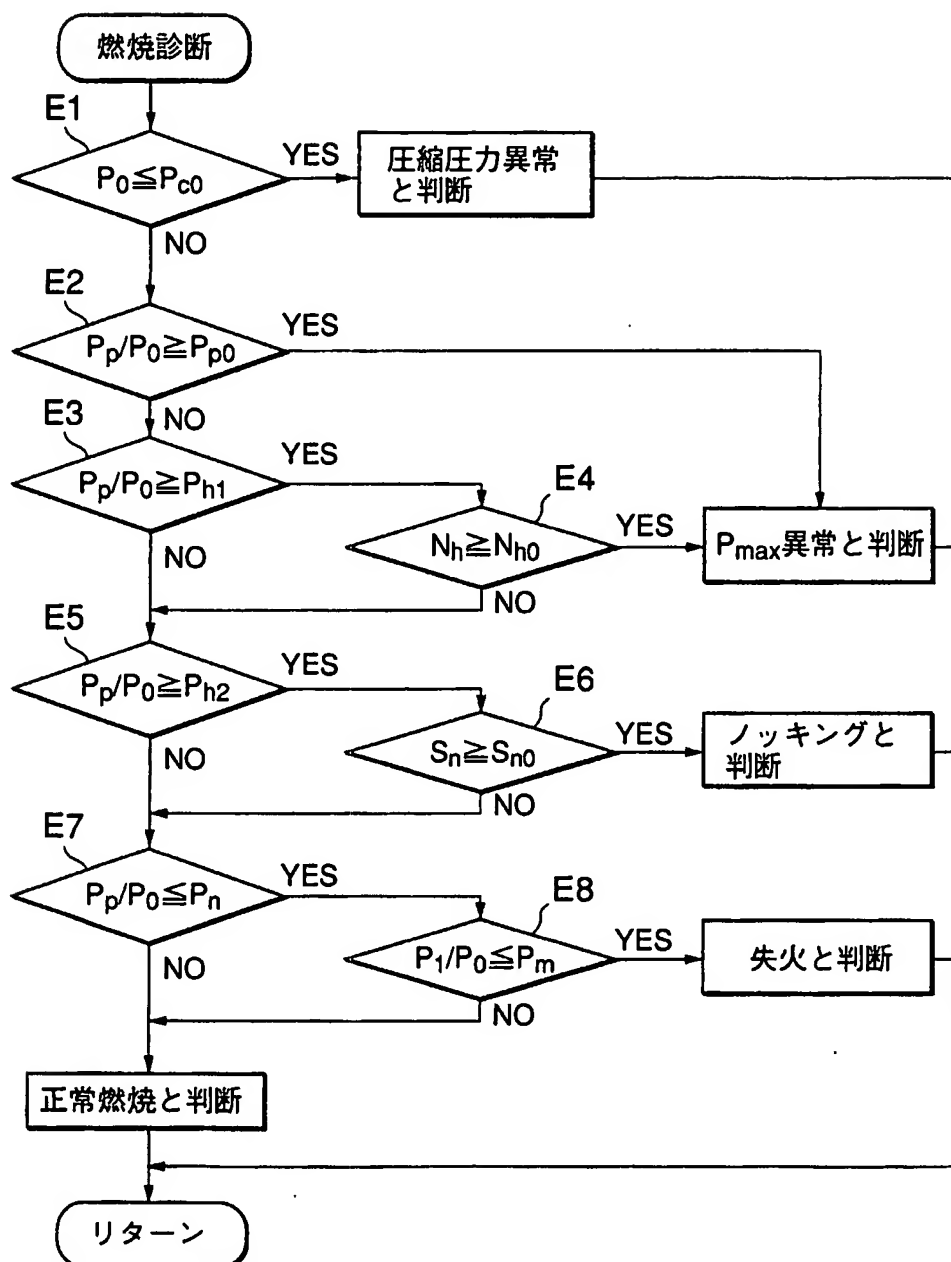
The diagram illustrates an internal combustion engine (20) equipped with a combustion diagnosis system (100). The engine includes a combustion chamber (44) and a crankshaft (46). A gas supply electromagnetic valve (7) and a gas injection device (10) are connected to the combustion chamber via a gas supply pipe (8). Air is supplied to the combustion chamber through an air supply pipe (9) and an air supply valve (41). The combustion chamber is also connected to an exhaust pipe (43) and an exhaust valve (42). A spark plug (11) is located in the combustion chamber. A pressure sensor (1) is mounted on the combustion chamber to detect internal pressure. A crank angle sensor (2) is connected to the crankshaft. The combustion diagnosis system (100) includes a noise removal filter (3), an amplifier (4), and a combustion diagnosis device (5). The pressure sensor (1) and crank angle sensor (2) provide input to the combustion diagnosis device (5). The combustion diagnosis device (5) outputs a signal to a display device (6). The combustion diagnosis device (5) also provides feedback to the gas supply electromagnetic valve (7) and the gas injection device (10) via a control line (200).

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

2/33

FIG.2

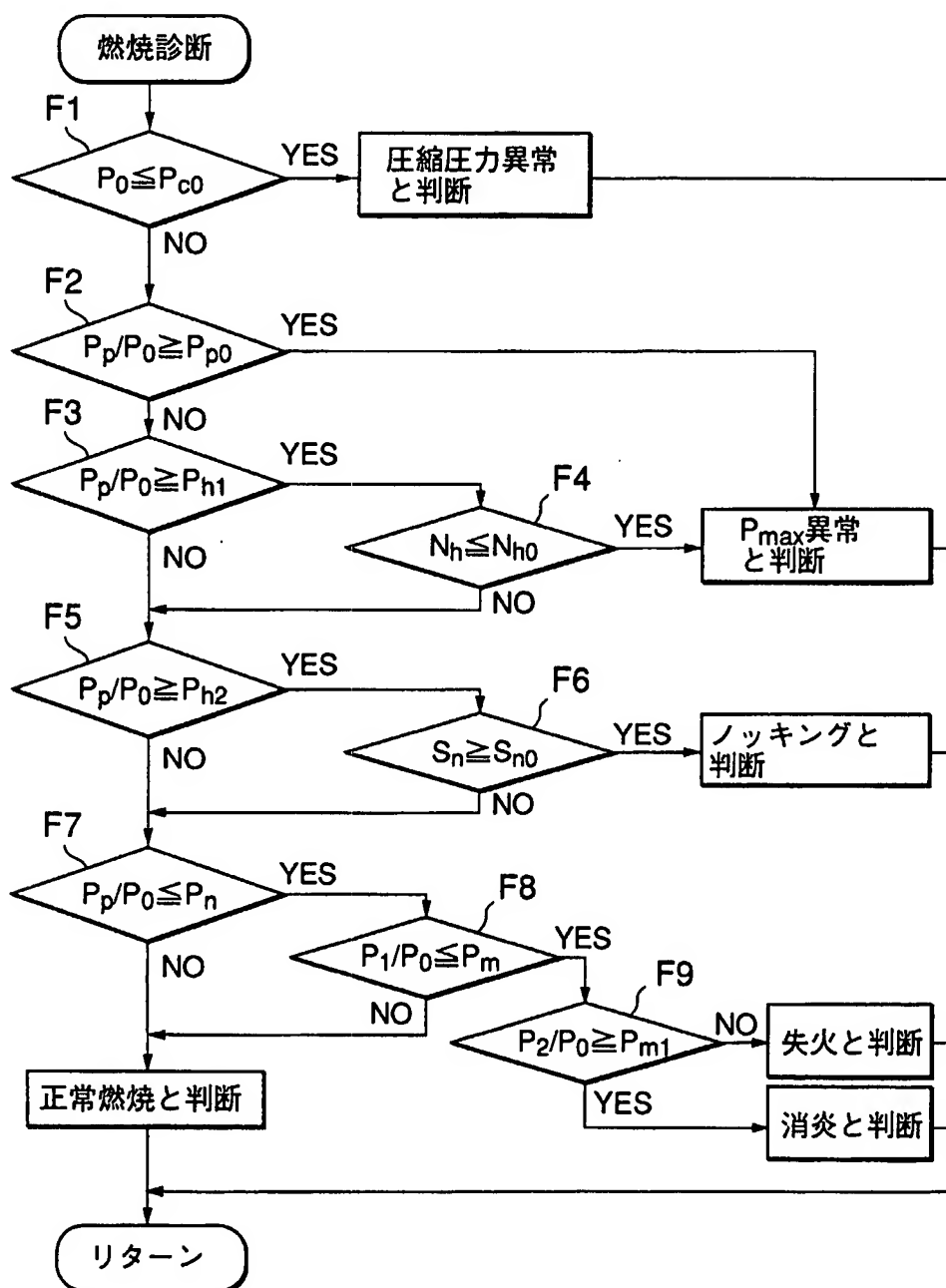


WO 02/079629

PCT/JP02/03197

3/33

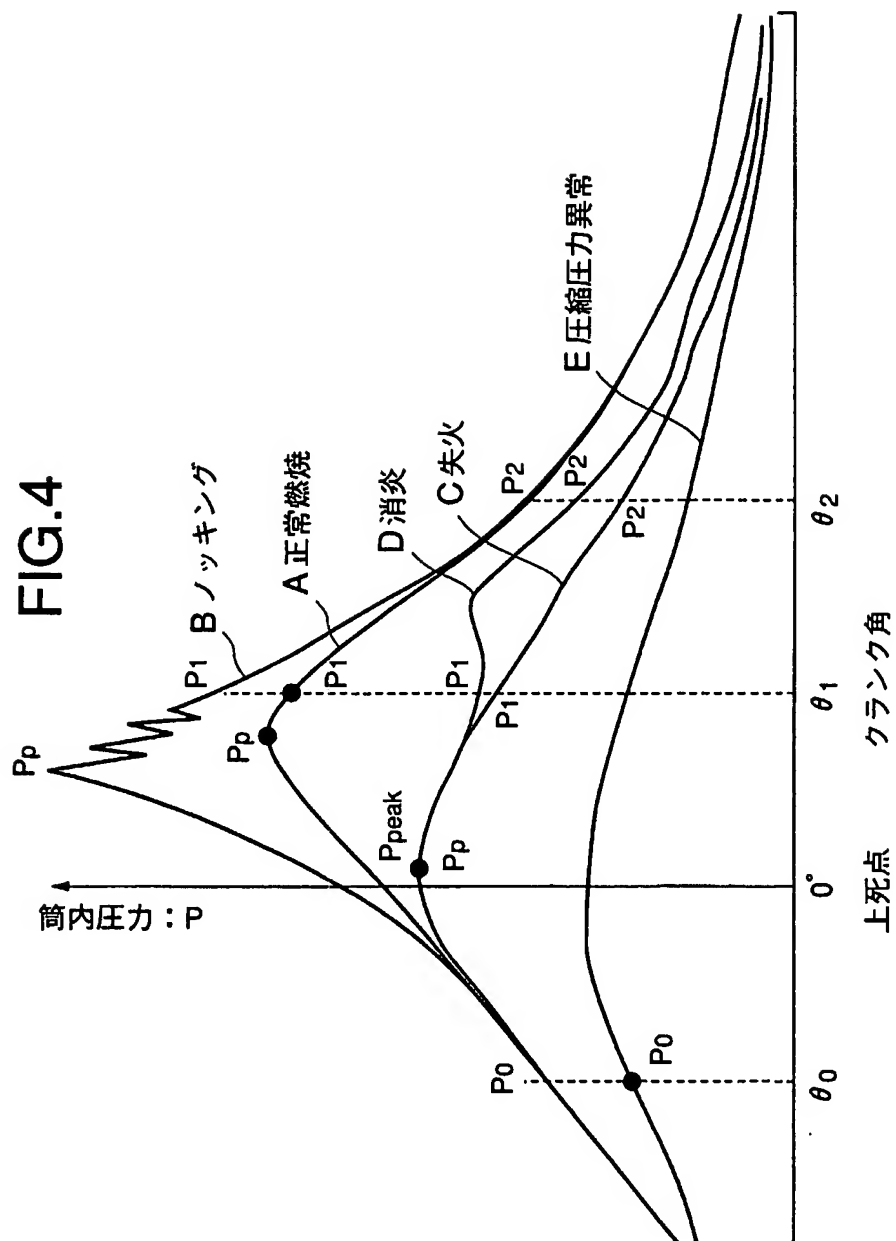
FIG.3

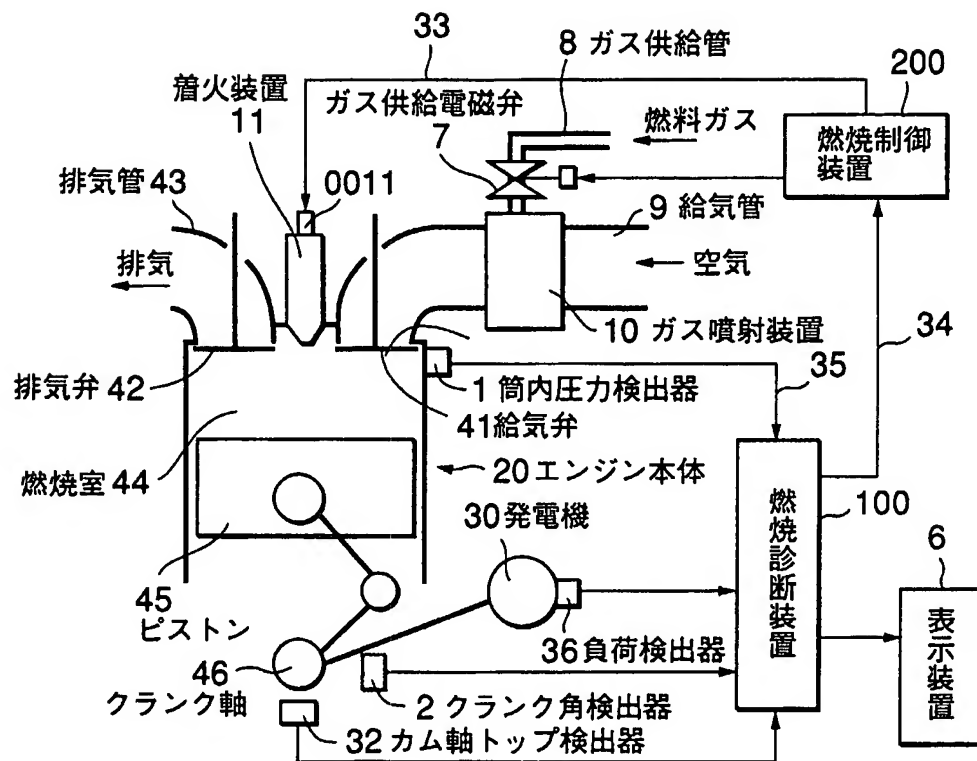


WO 02/079629

PCT/JP02/03197

4/33



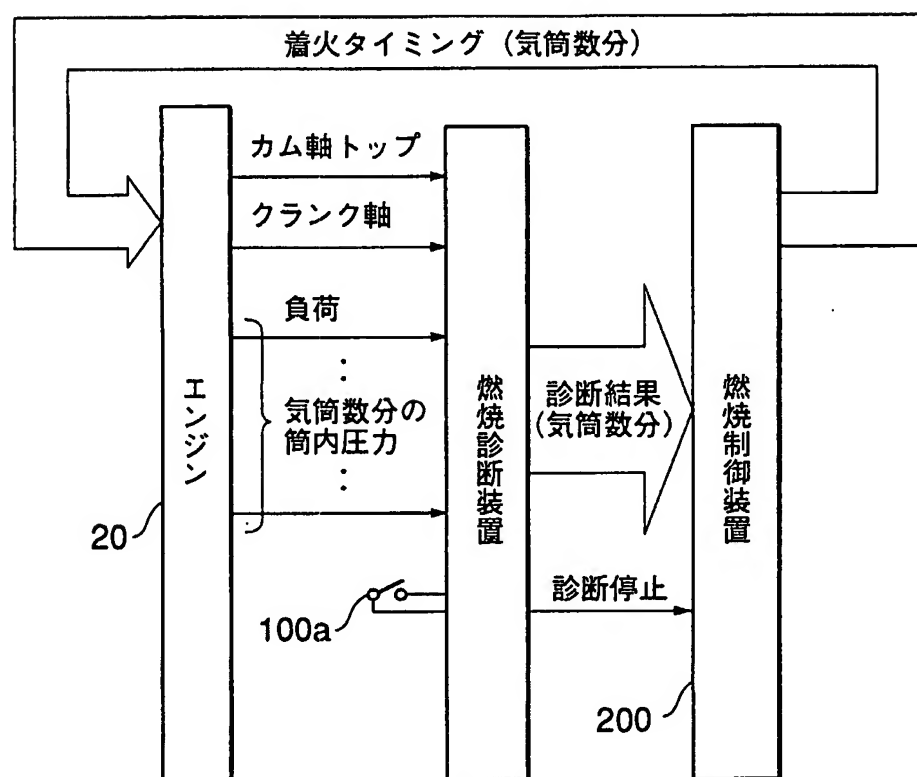


WO 02/079629

PCT/JP02/03197

6/33

FIG.6

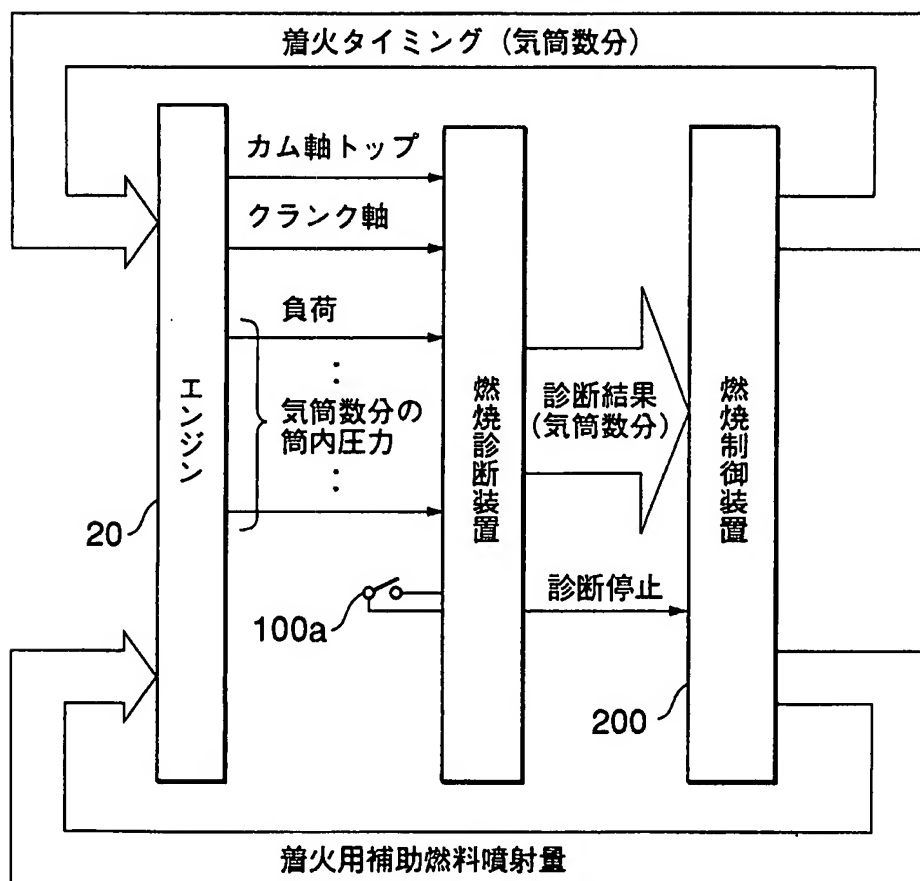


WO 02/079629

PCT/JP02/03197

7/33

FIG.7



WO 02/079629

PCT/JP02/03197

8/33

FIG.8(A)

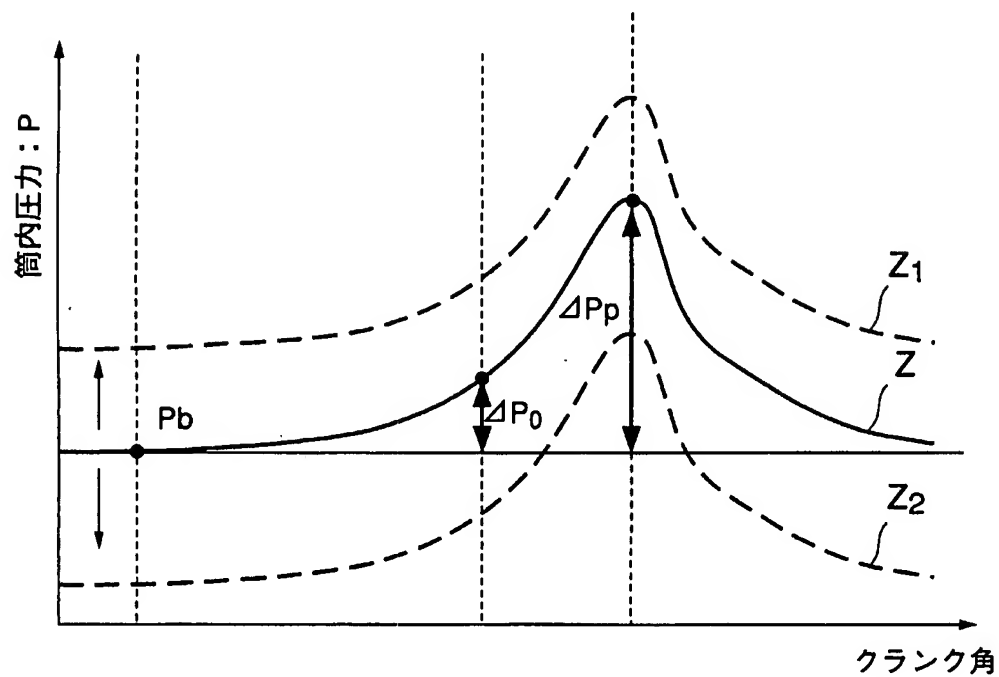
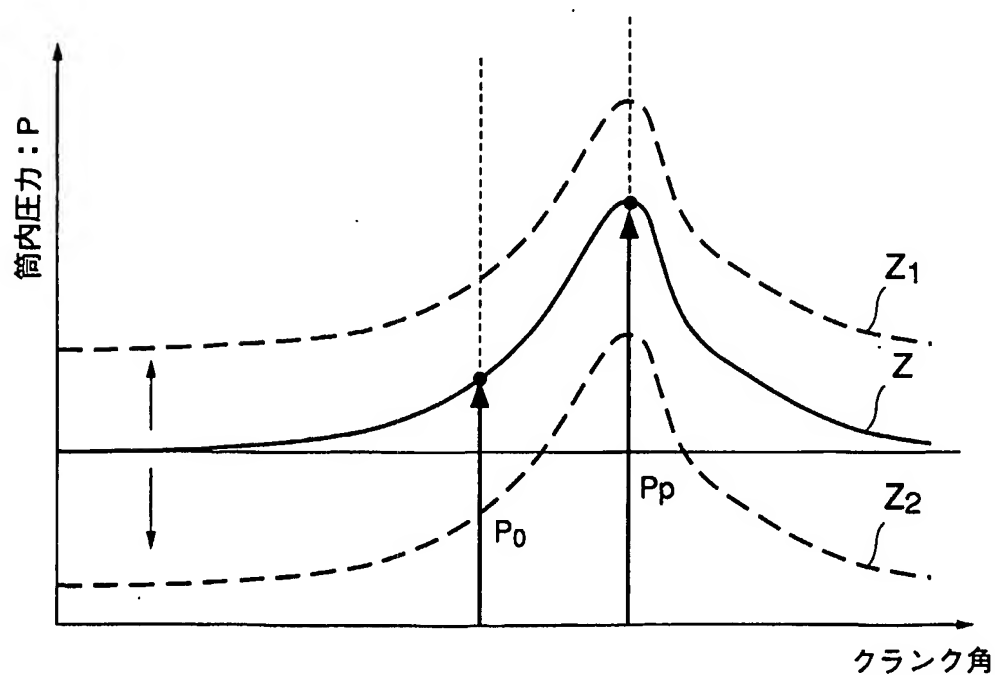


FIG.8(B)

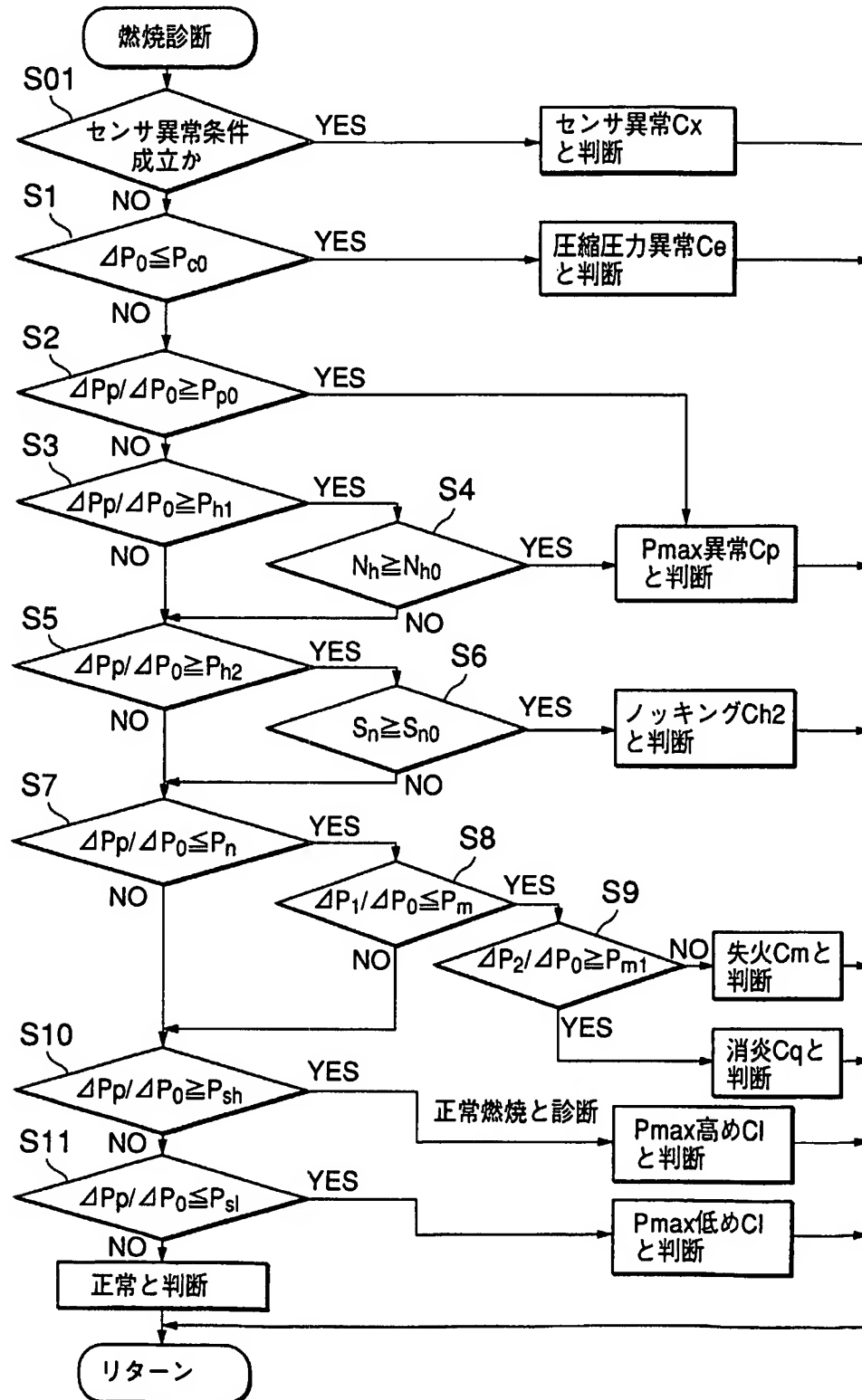


WO 02/079629

PCT/JP02/03197

9/33

FIG.9



WO 02/079629

PCT/JP02/03197

10/33

FIG.10(A)

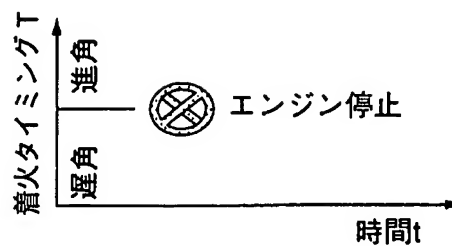
Pp異常、
圧縮圧力異常

FIG.10(B)

ノッキング

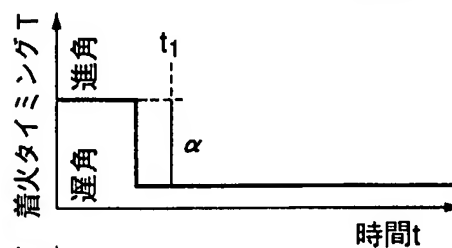


FIG.10(C)

Pp高め

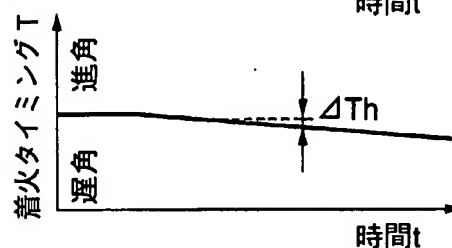


FIG.10(D)

適正範囲

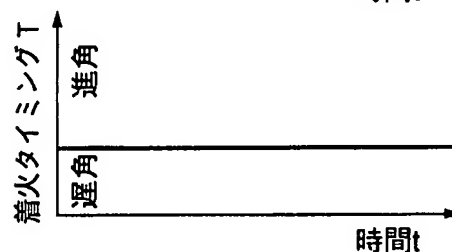


FIG.10(E)

Pp低め

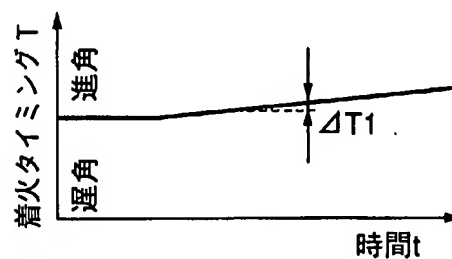
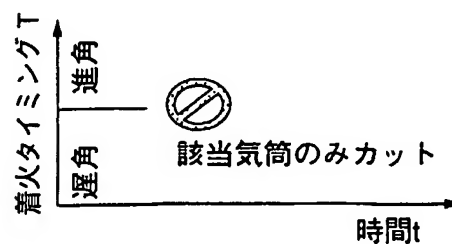


FIG.10(F)

失火、
センサ異常

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

11/33

FIG.11(A)

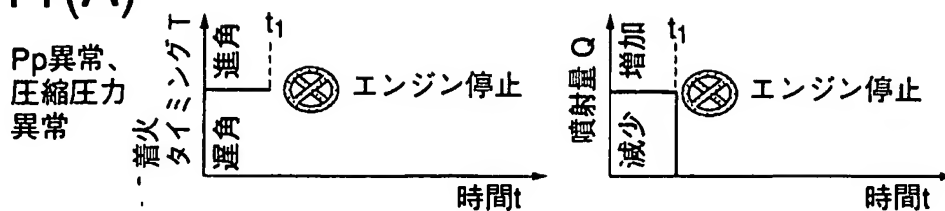


FIG.11(B)

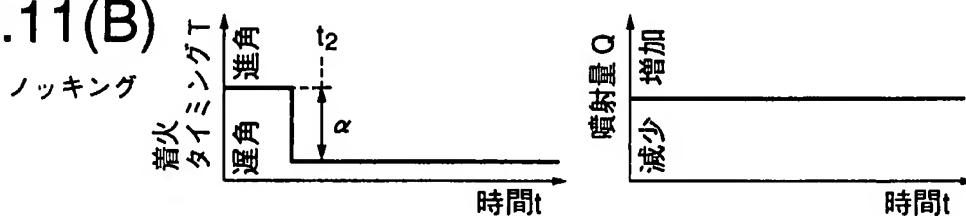


FIG.11(C)

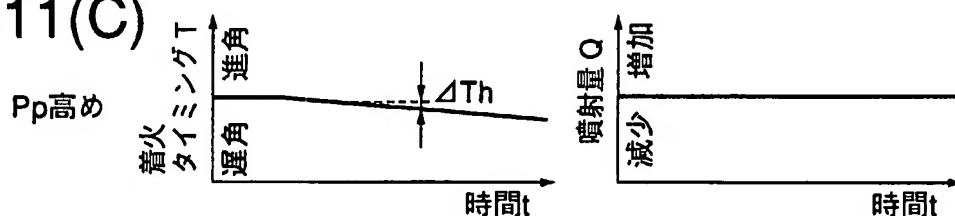


FIG.11(D)

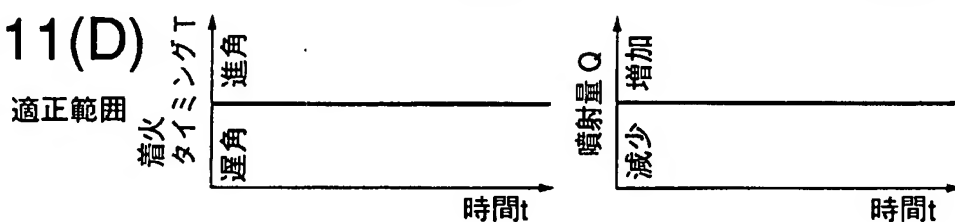


FIG.11(E)

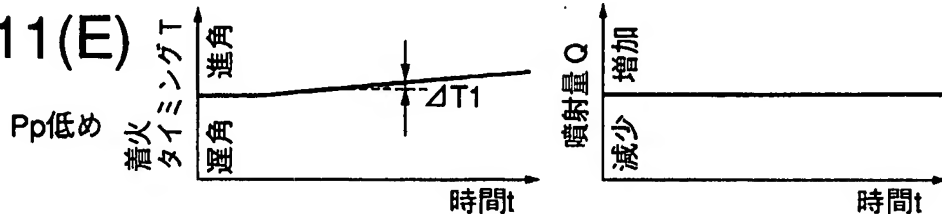


FIG.11(F)

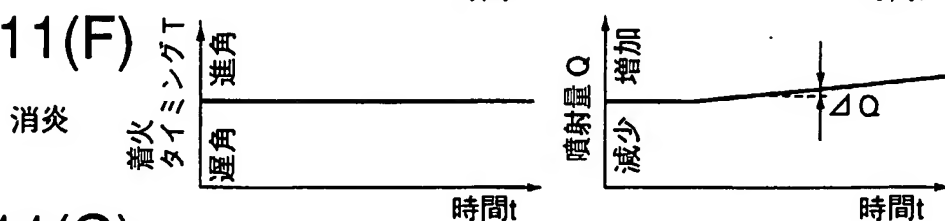
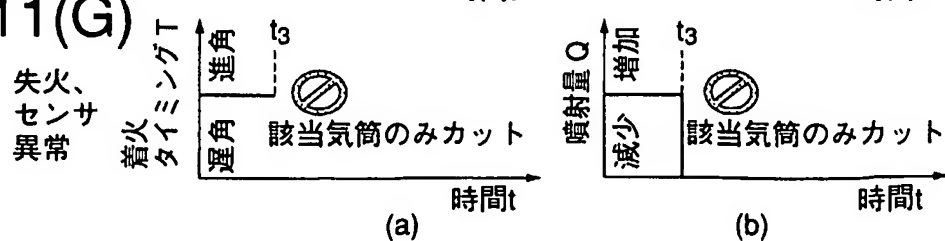


FIG.11(G)

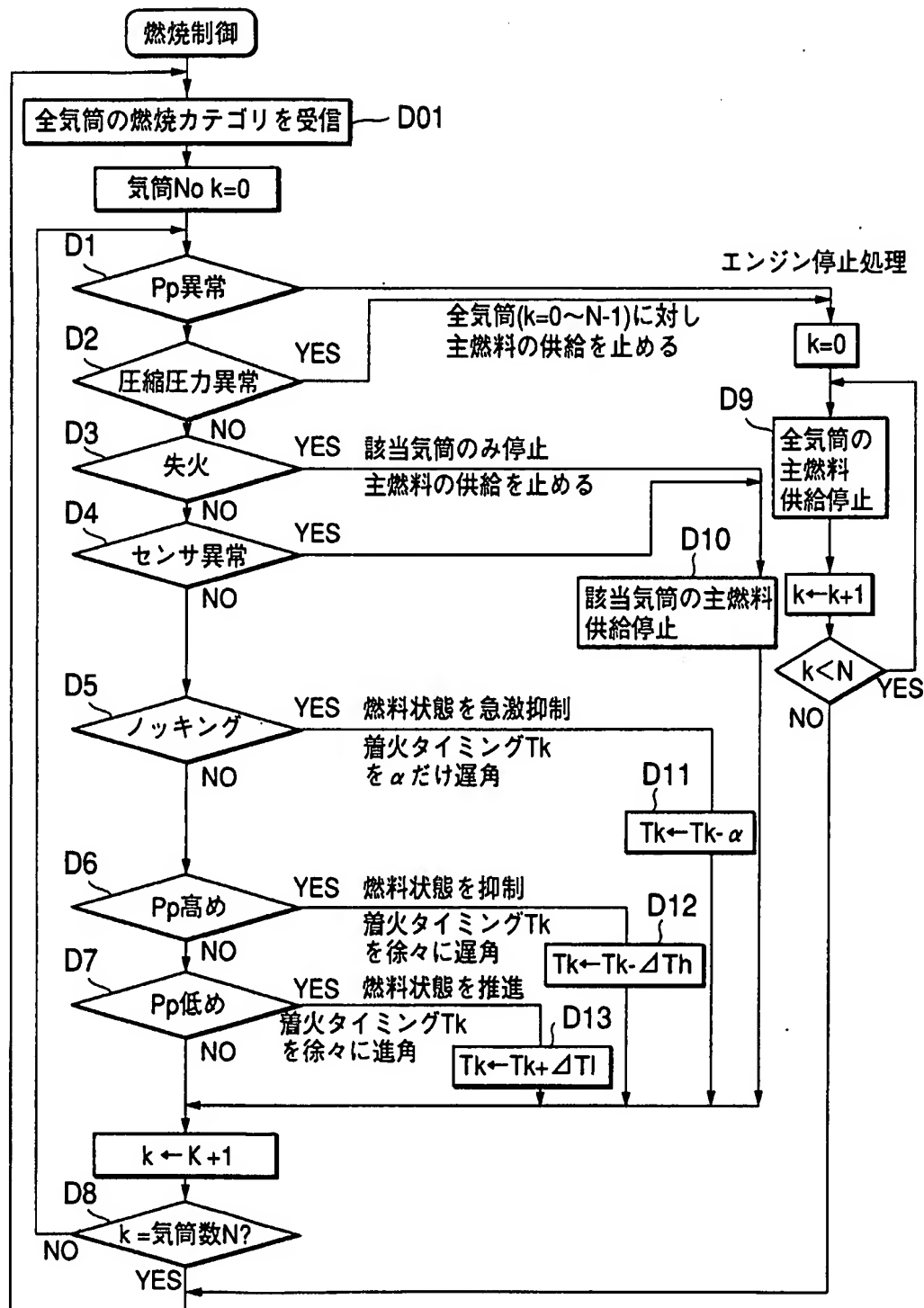


WO 02/079629

PCT/JP02/03197

12/33

FIG.12

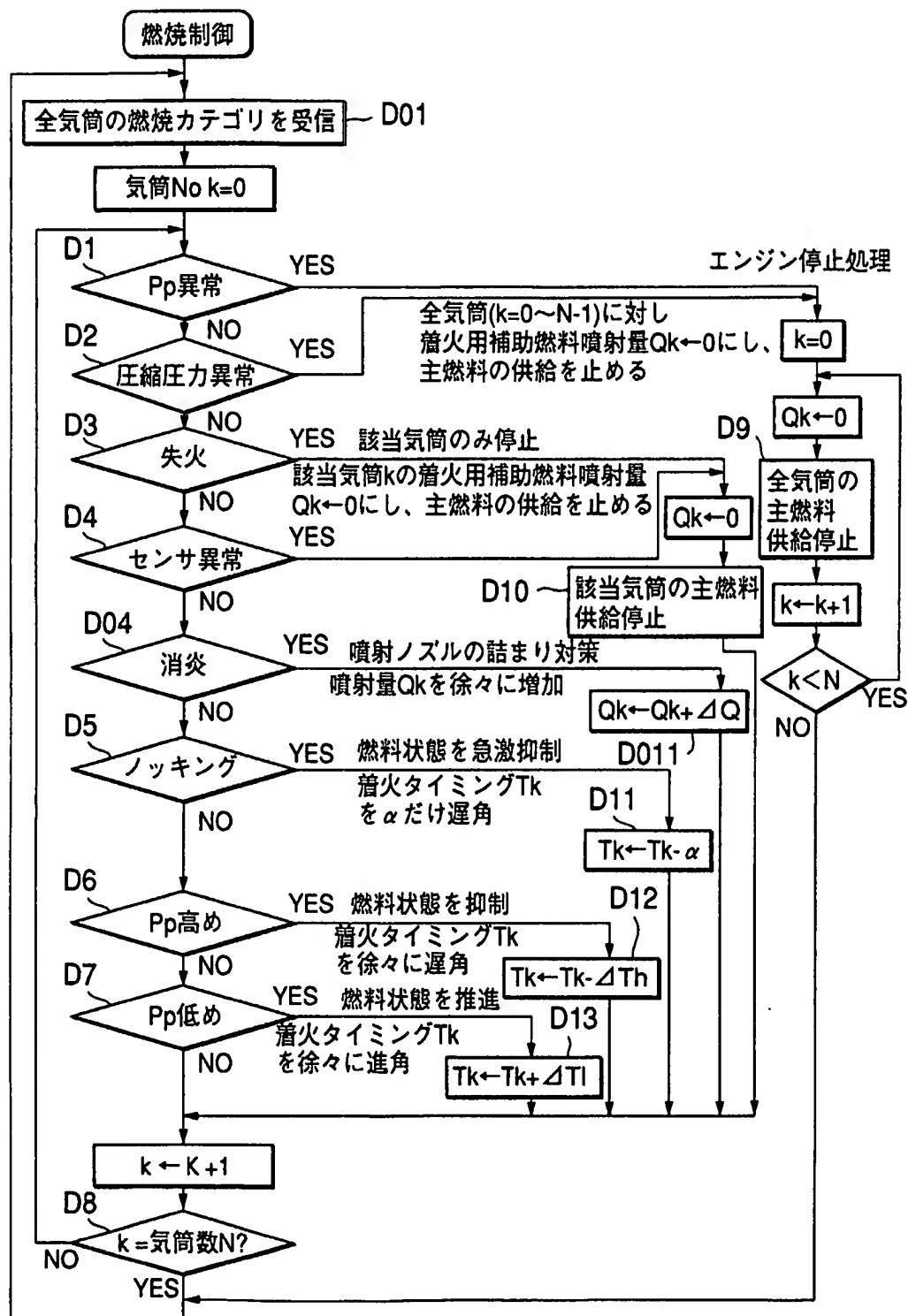


WO 02/079629

PCT/JP02/03197

13/33

FIG.13



WO 02/079629

PCT/JP02/03197

14/33

FIG.14(A)

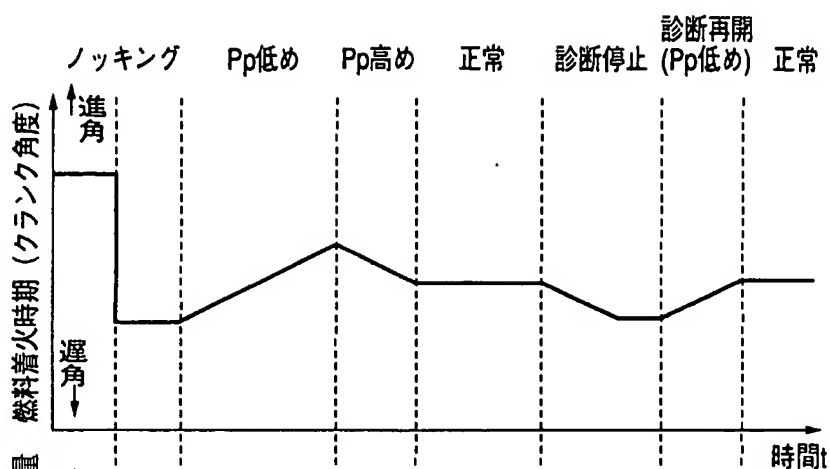


FIG.14(B)

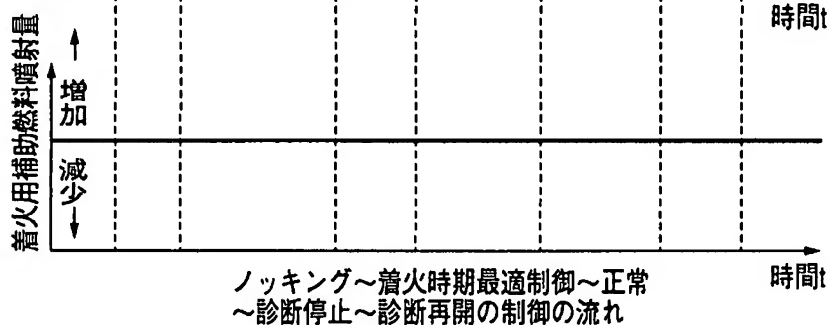


FIG.14(C)

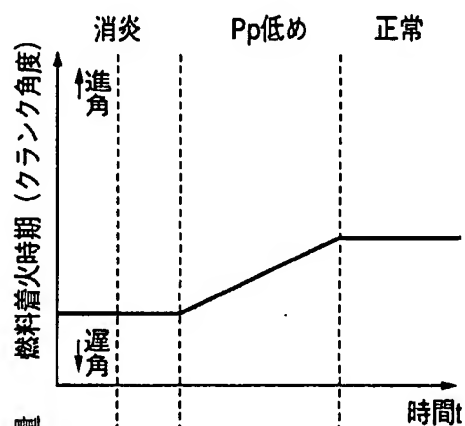
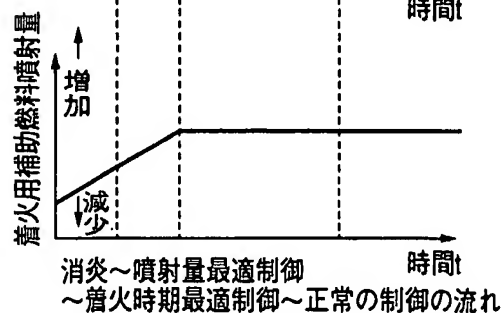


FIG.14(D)

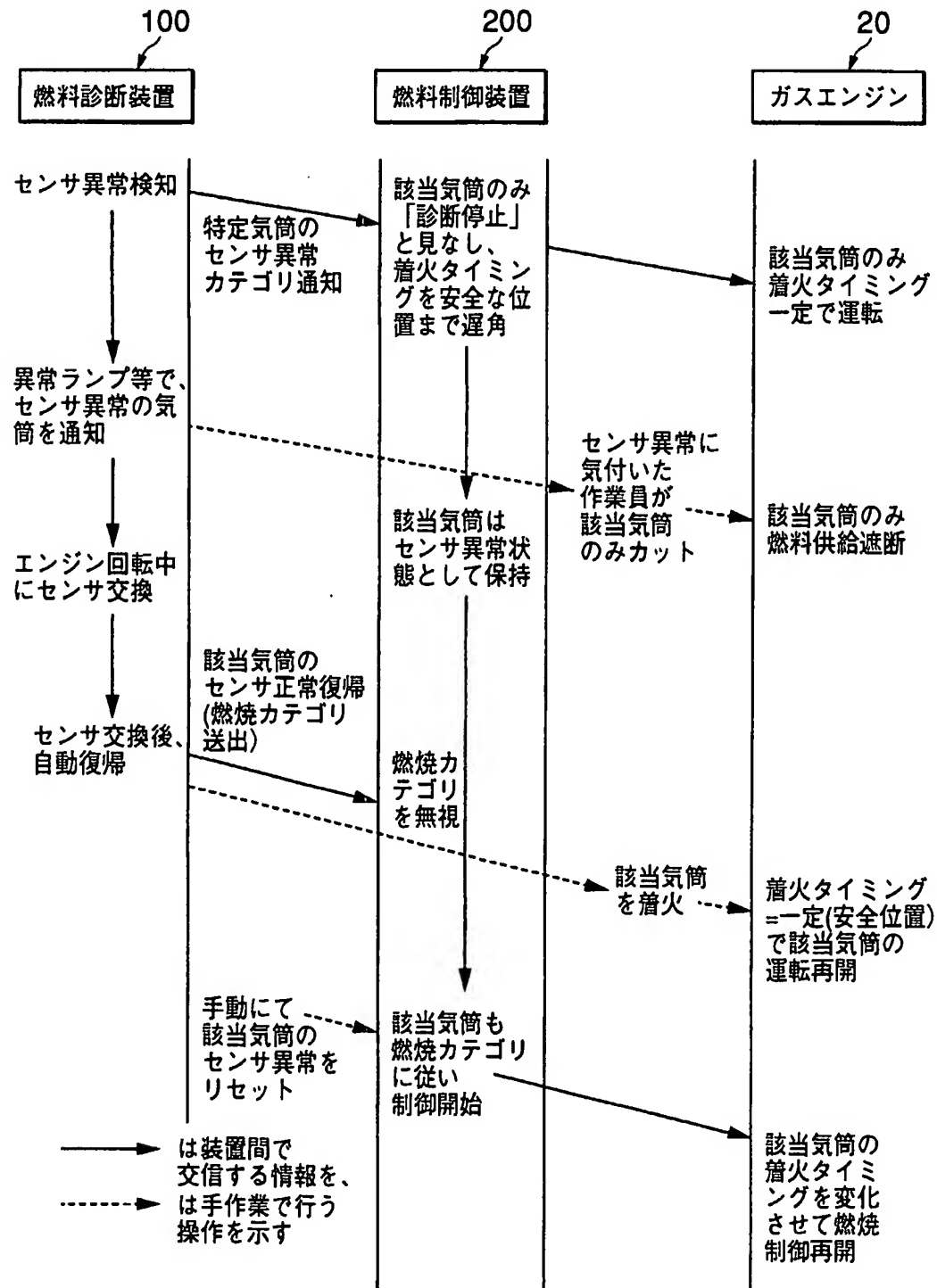


WO 02/079629

PCT/JP02/03197

15/33

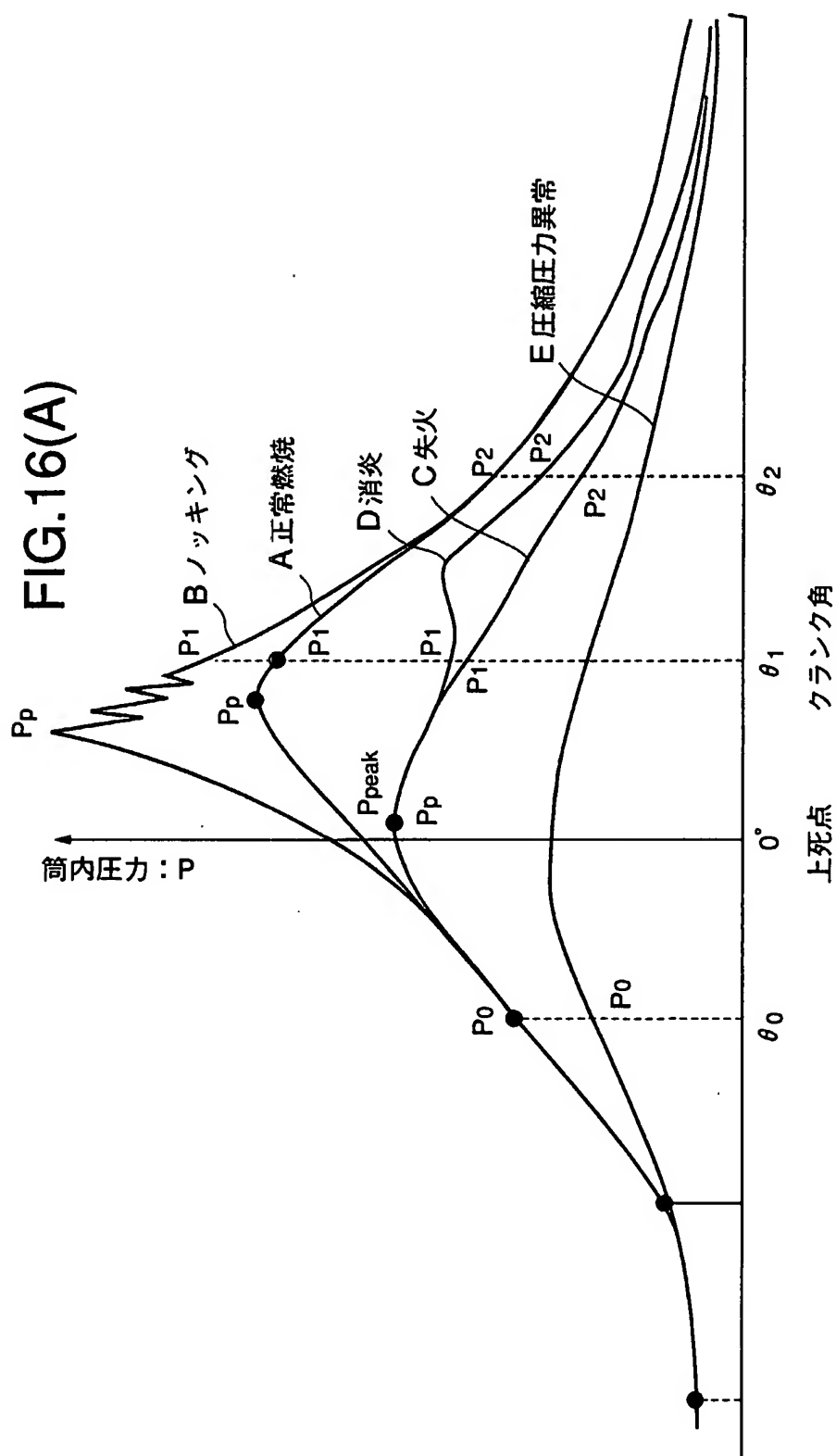
FIG.15



WO 02/079629

PCT/JP02/03197

16/33



WO 02/079629

PCT/JP02/03197

18/33

FIG.17(A)

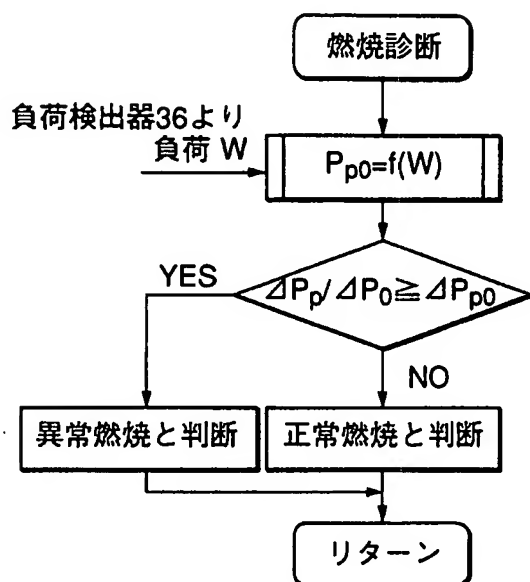


FIG.17(B)

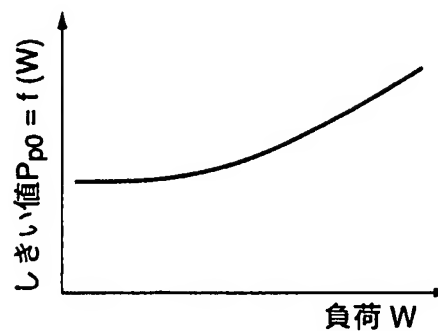


FIG.18(A)

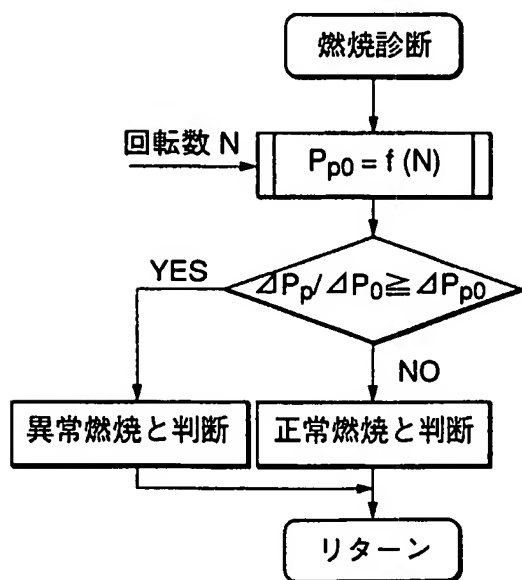
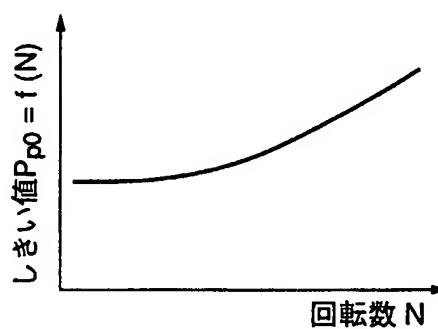


FIG.18(B)

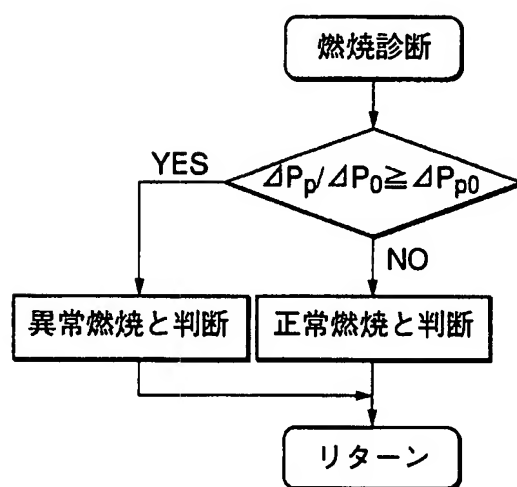


WO 02/079629

PCT/JP02/03197

19/33

FIG.19

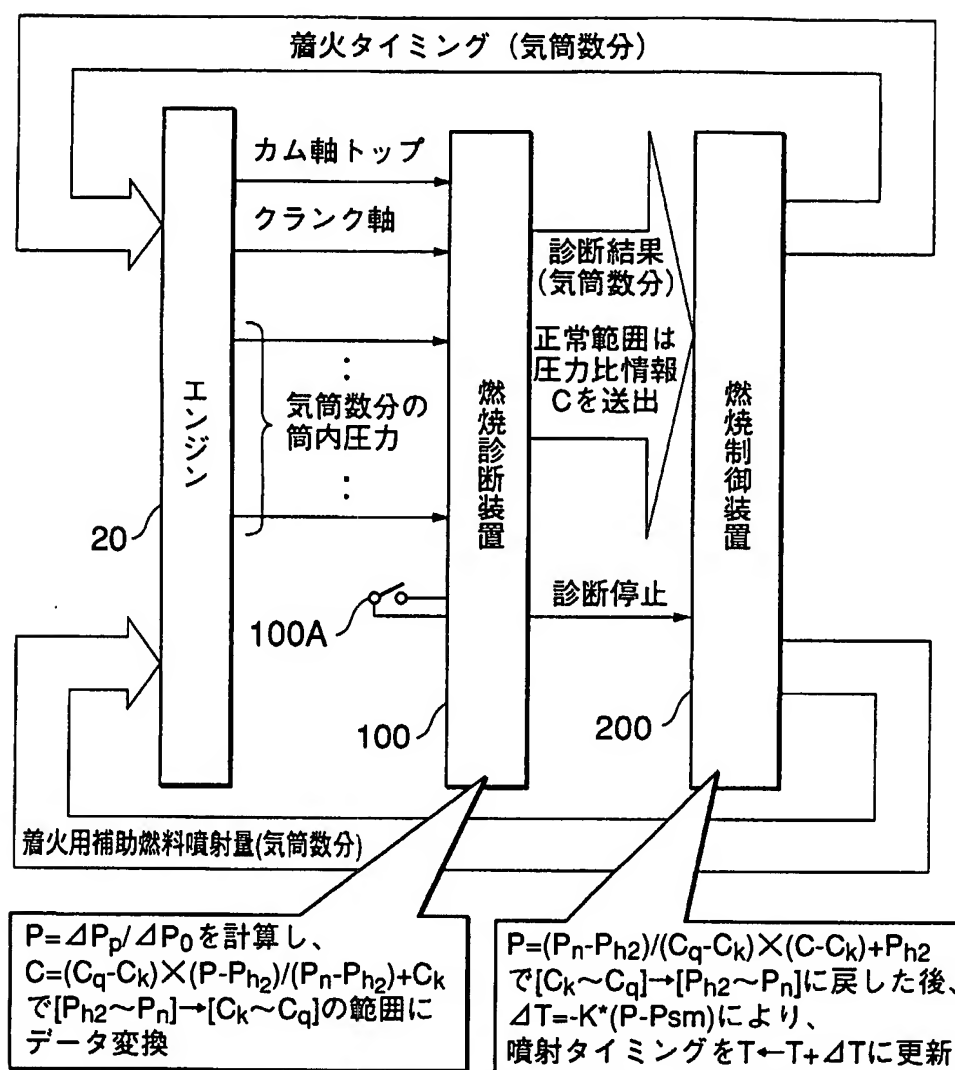


WO 02/079629

PCT/JP02/03197

20/33

FIG.20



注) C_k : 「ノッキング」を示すカテゴリ情報のアナログレベル

C_q : 「消炎」を示すカテゴリ情報のアナログレベル

P_{h2} : ノッキングの圧力比のしきい値

P_{sm} : 筒内圧比の正常状態における圧力比目標値

P : 筒内圧比の現在値

$P - P_{sm}$: 筒内圧比の目標値からのずれ (偏差)

K : フィードバックゲイン (定数)

ΔT : 噴射タイミングの現状からの増減量

T : 噴射タイミング

P_n : 消炎、失火の圧力比のしきい値

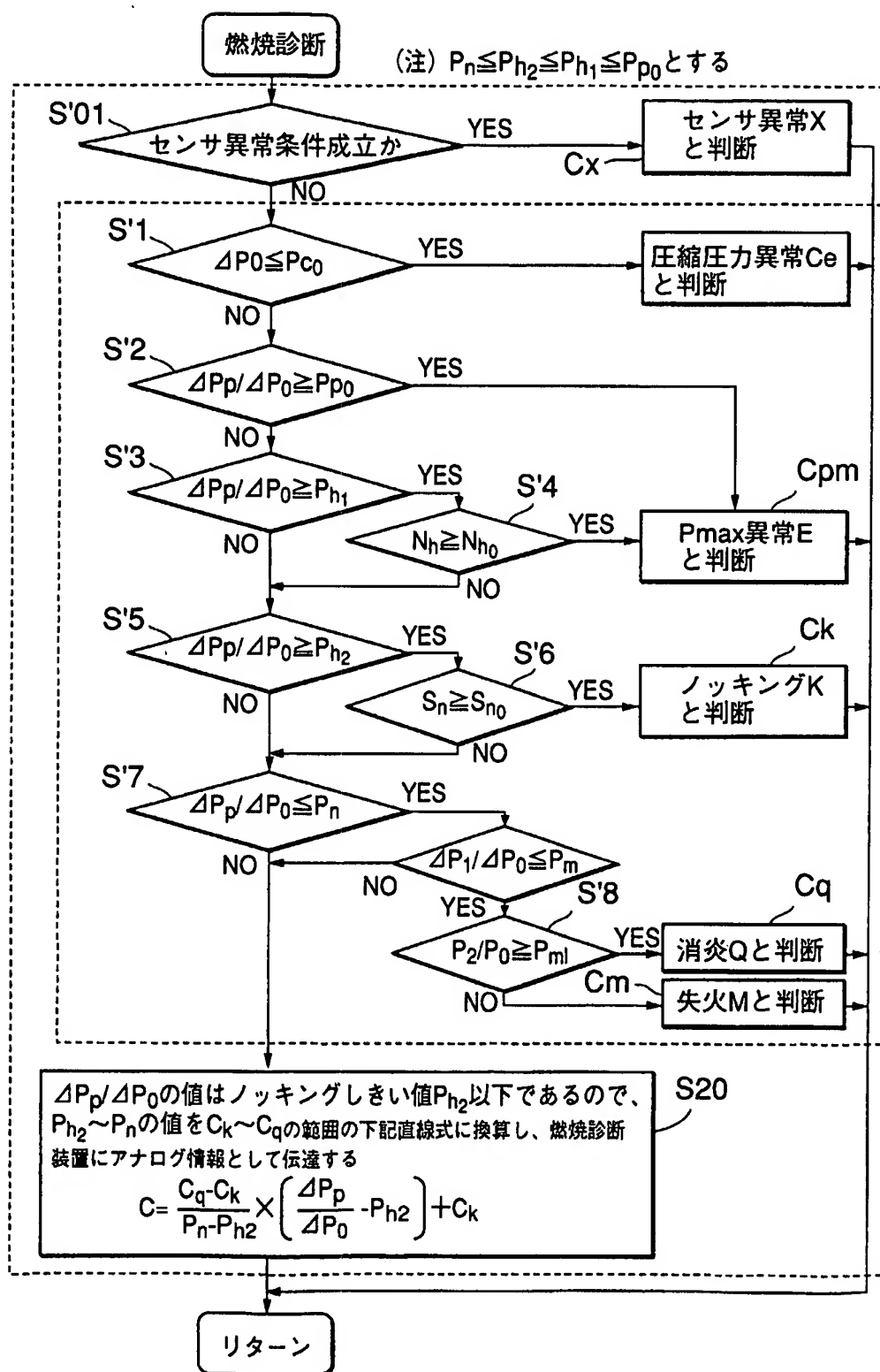
[カテゴリ情報のアナログレベル $C_k \sim C_q$ までの範囲を用いて $P_{h2} \sim P_n$ の範囲内の情報を伝達している]

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

21/33

FIG.21



WO 02/079629

PCT/JP02/03197

22/33

FIG.22

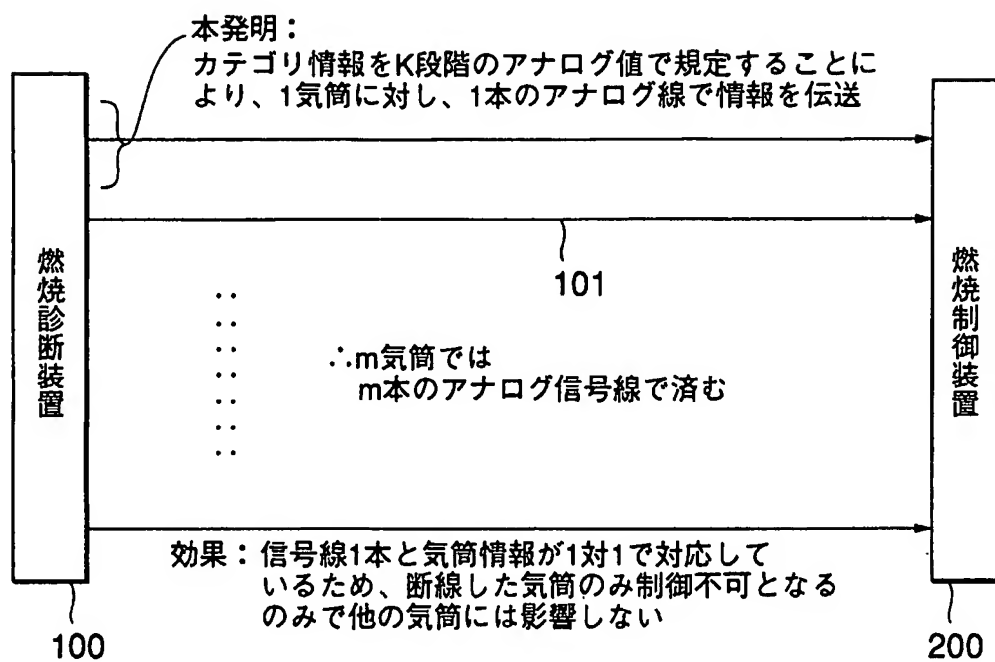


FIG.23(A)

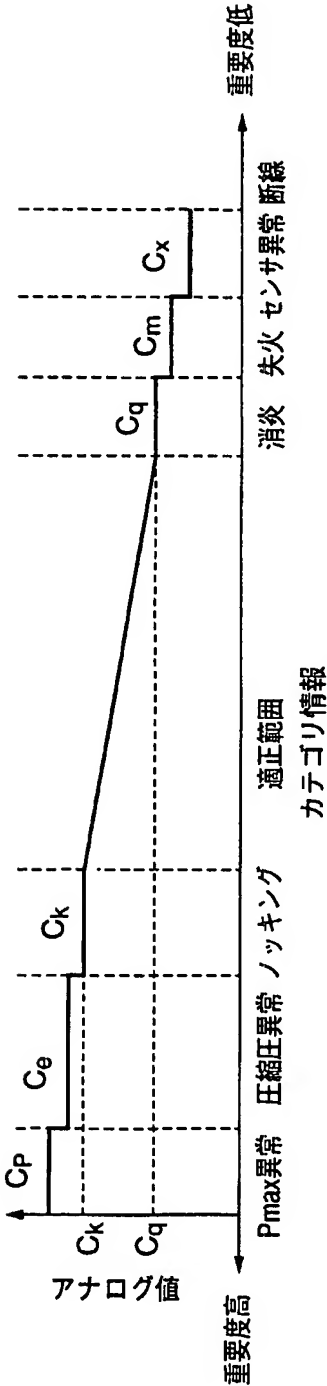
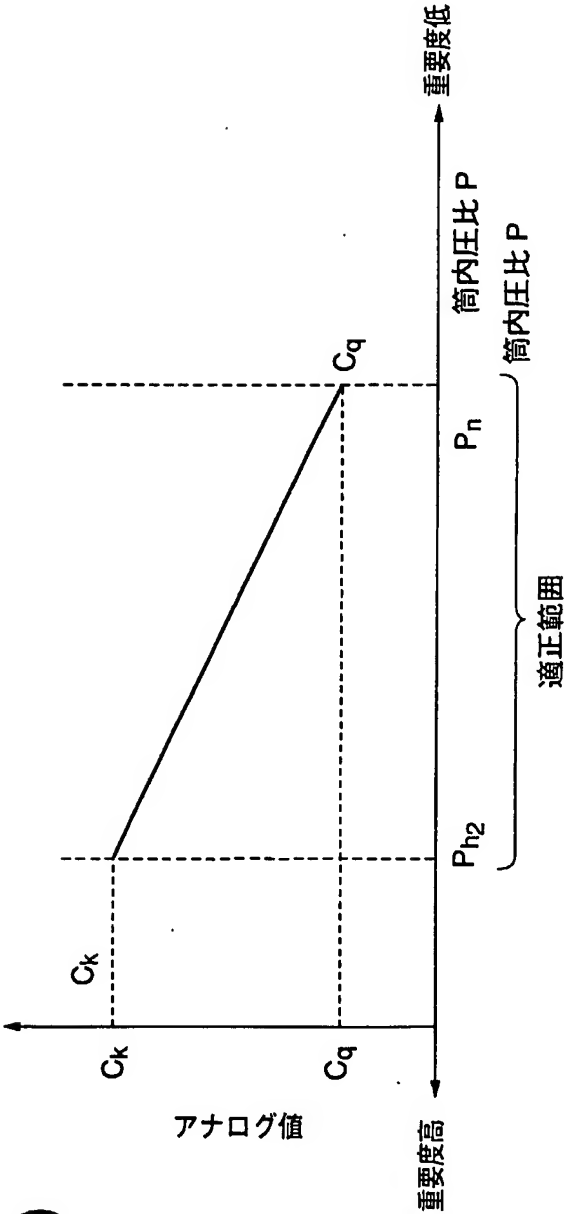


FIG.23(B)



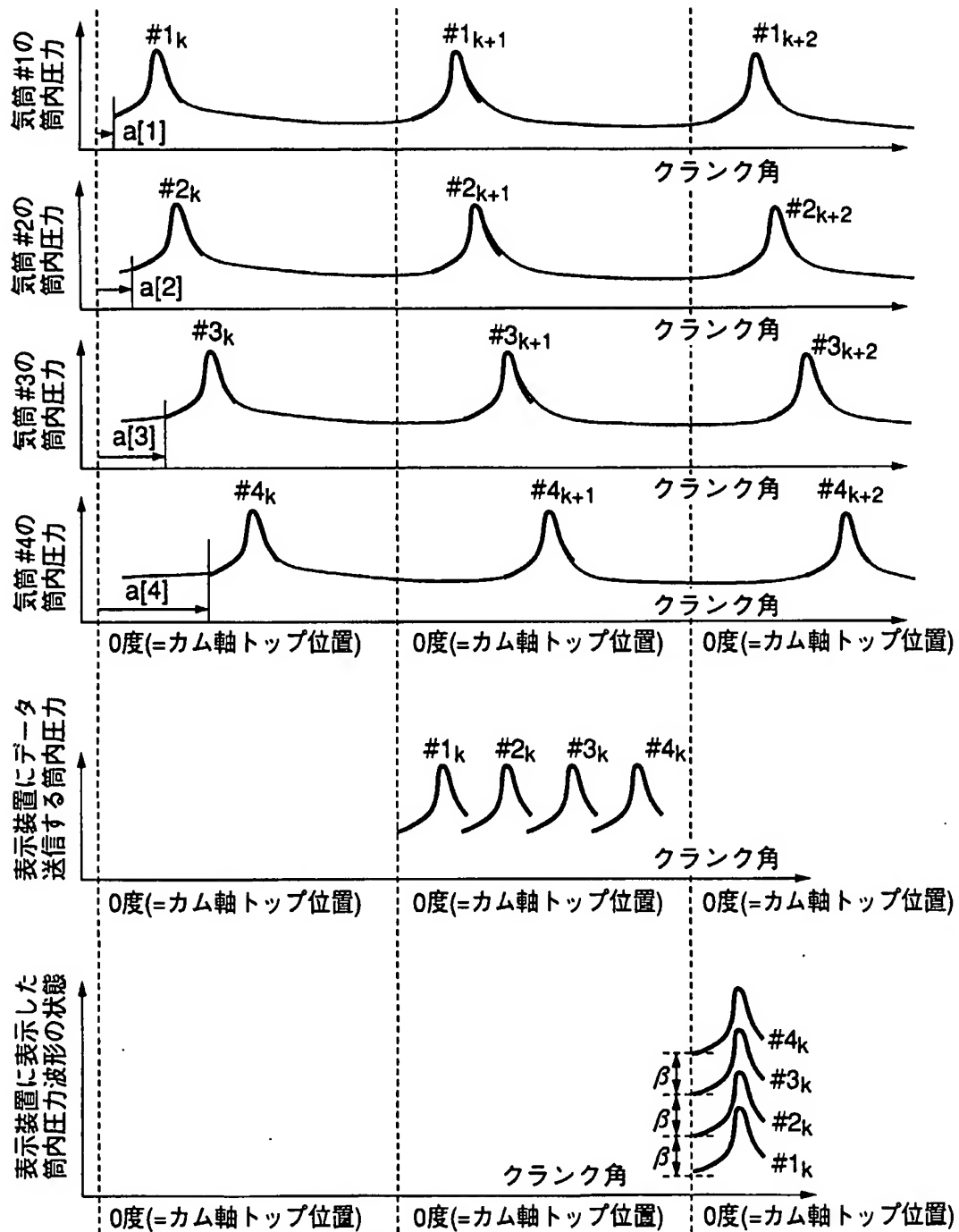
[illegible]

WO 02/079629

PCT/JP02/03197

25/33

FIG.26

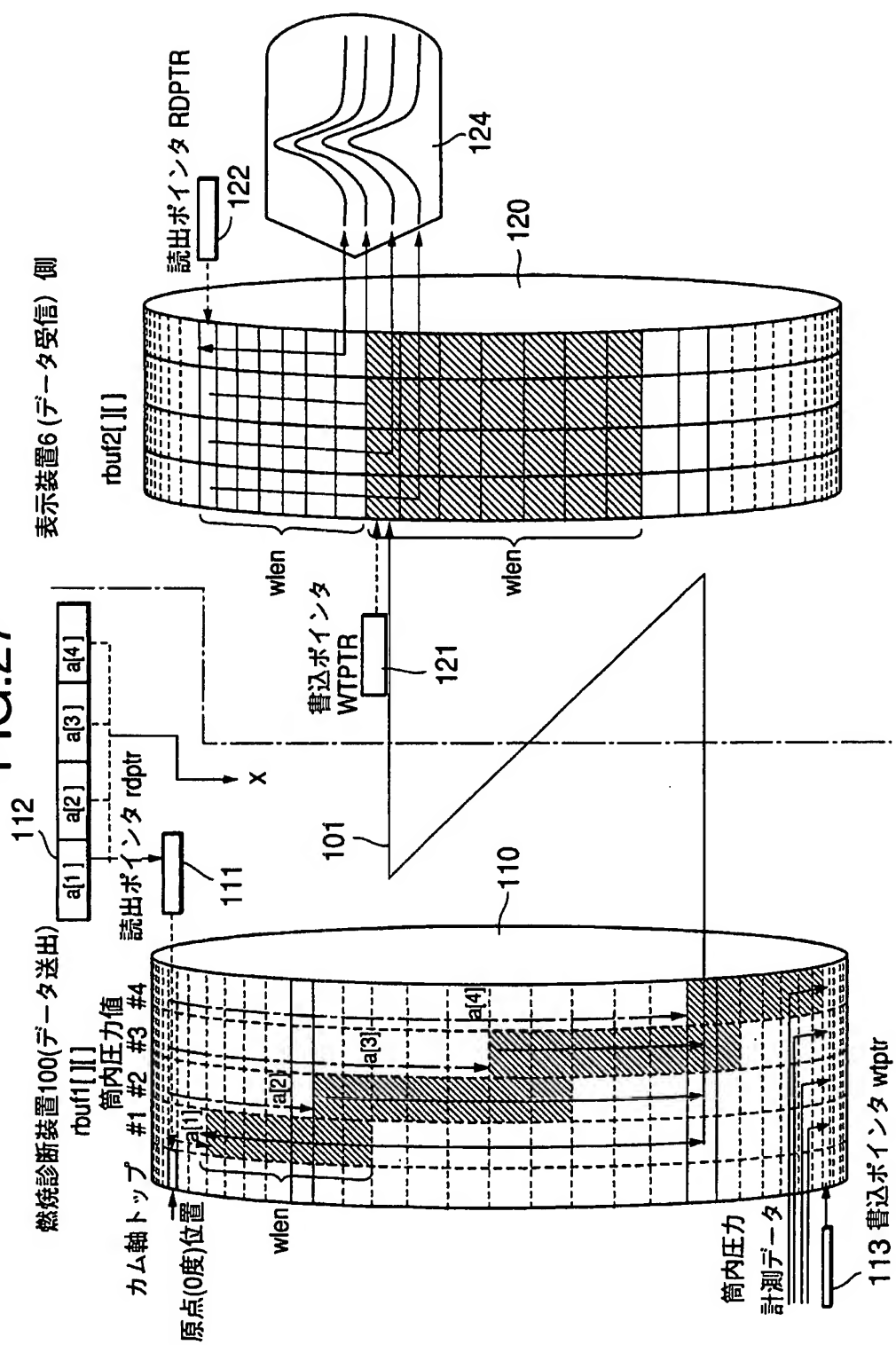


WO 02/079629

PCT/JP02/03197

26/33

FIG.27

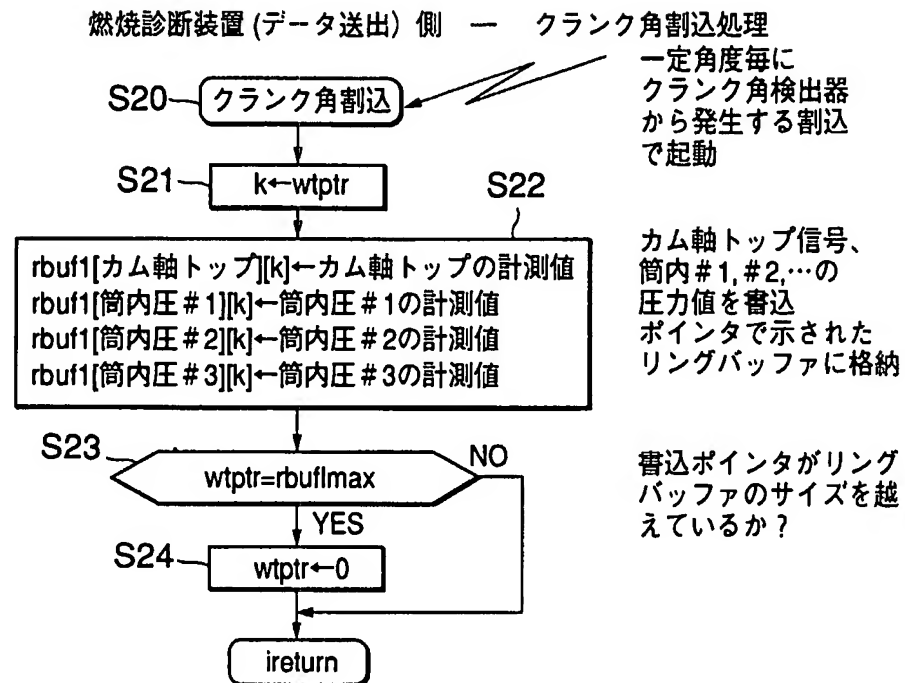


WO 02/079629

PCT/JP02/03197

27/33

FIG.28



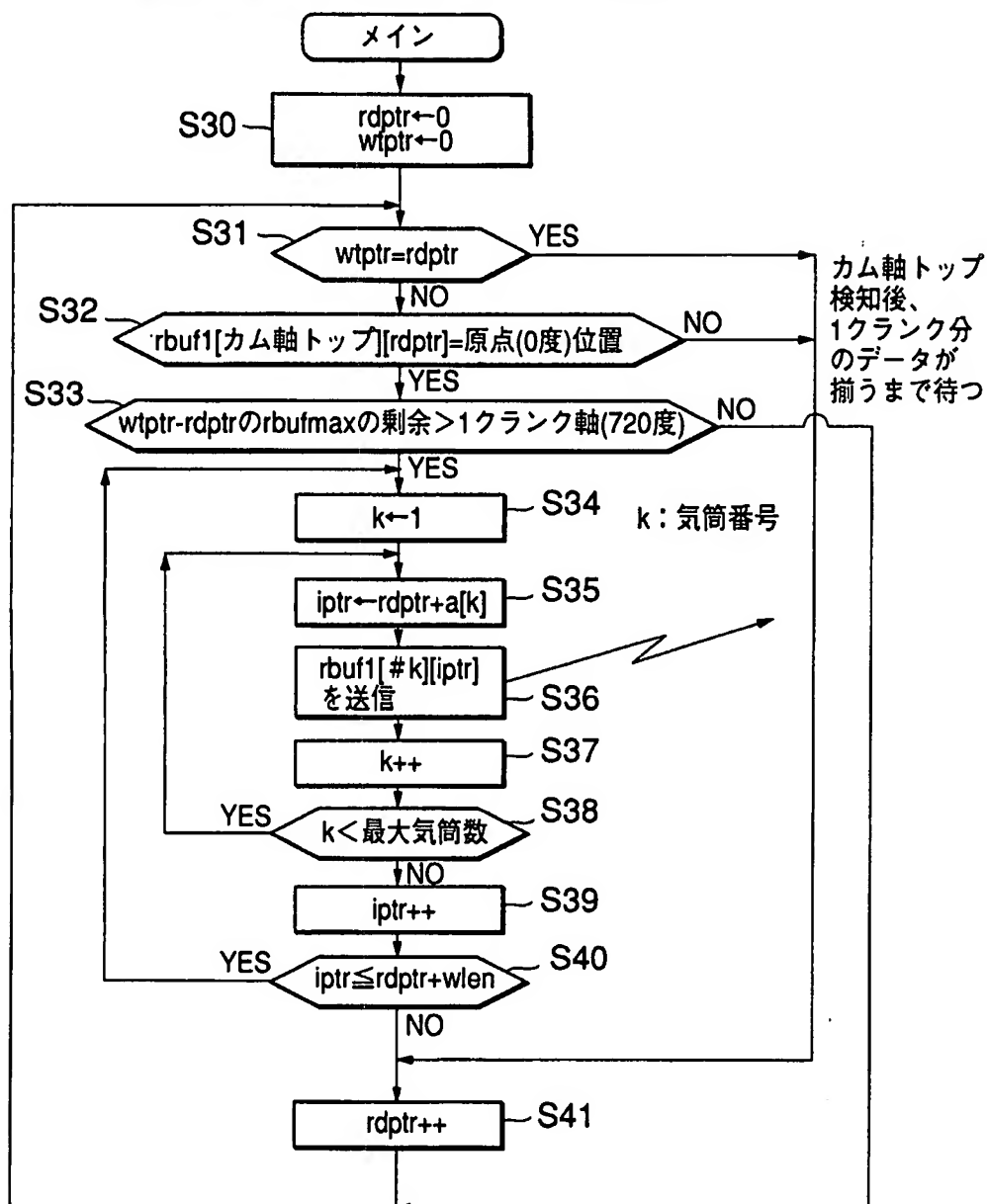
WO 02/079629

PCT/JP02/03197

28/33

FIG.29

燃焼診断装置(データ送出)側 — メイン処理



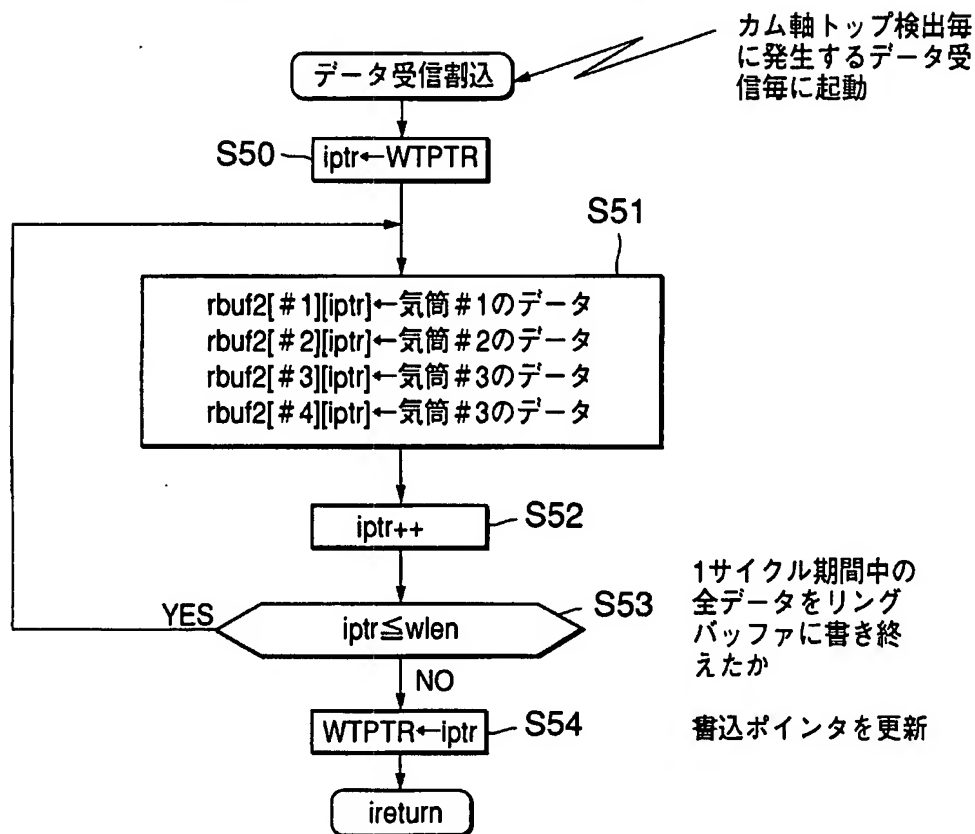
WO 02/079629

PCT/JP02/03197

29/33

FIG.30

表示装置(データ受信)側 — データ受信割込処理



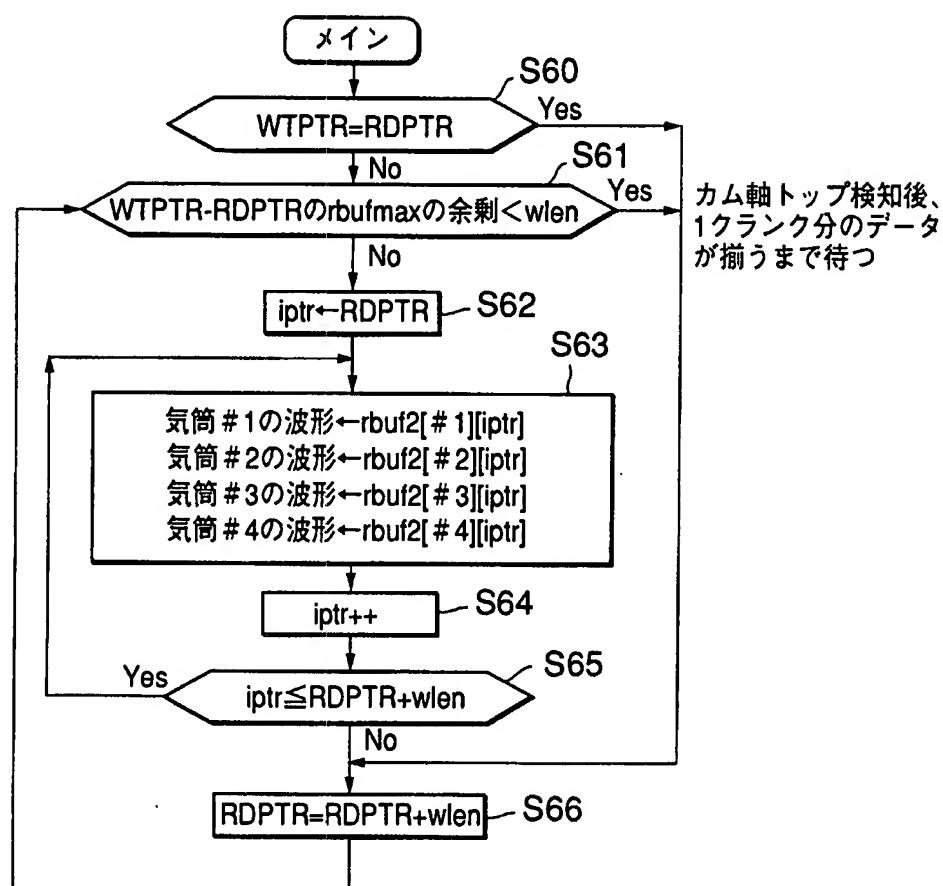
WO 02/079629

PCT/JP02/03197

30/33

FIG.31

表示装置(データ受信) 側 — メイン処理

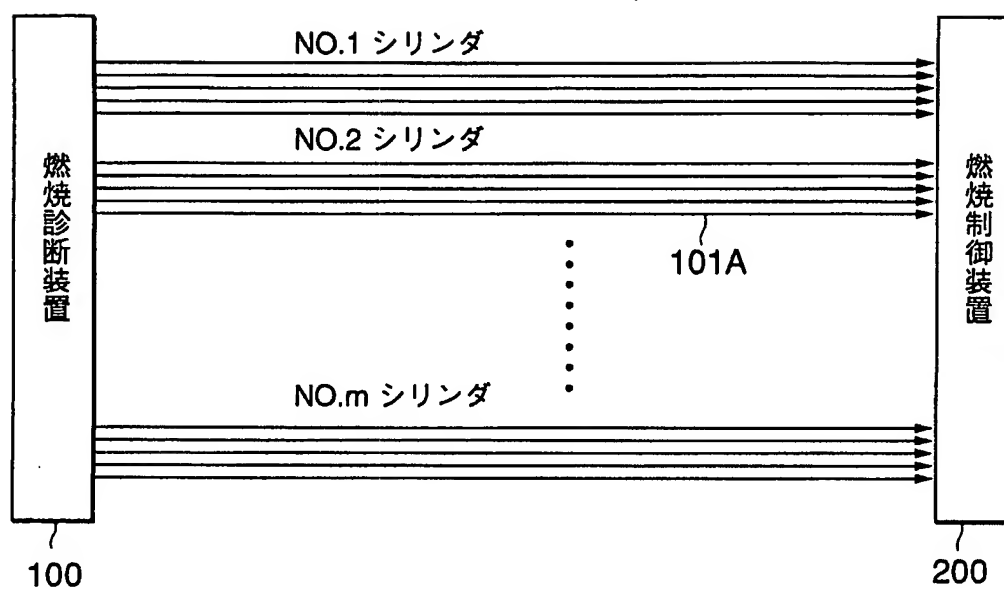


WO 02/079629

PCT/JP02/03197

31/33

FIG.32



WO 02/079629

PCT/JP02/03197

32/33

FIG.33(A)

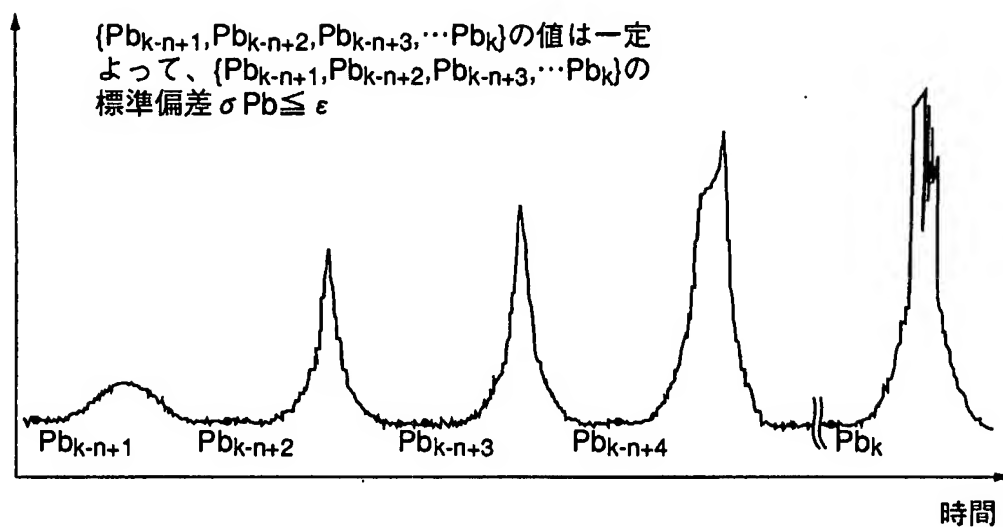
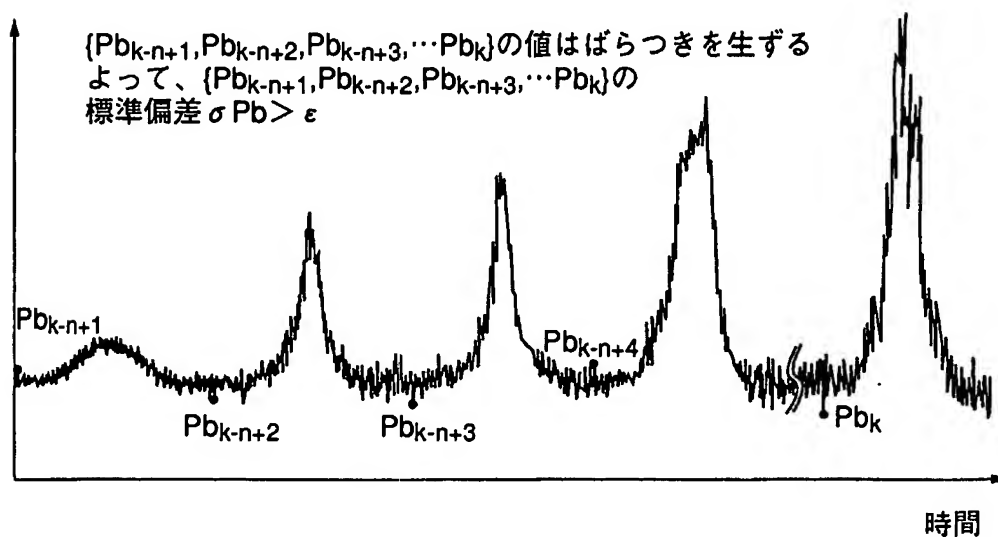


FIG.33(B)



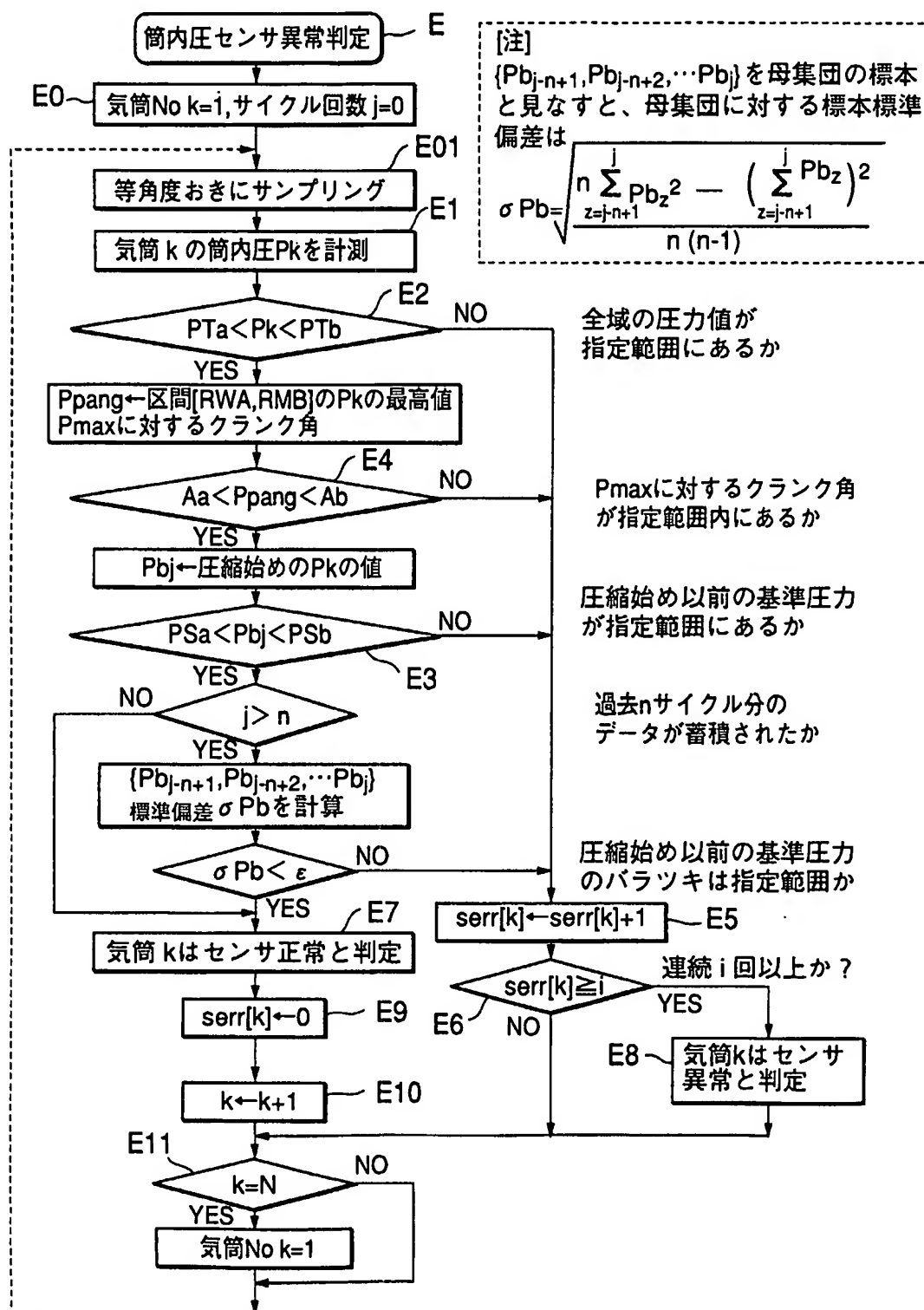
WO 02/079629

PCT/JP02/03197

33/33

FIG.34

(カラー画面の赤いフォントは通常の黒でOKです)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/03197

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ F02D45/00, F02P5/15, F02D41/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ F02D41/00-45/00, F02P5/145-5/155

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2002

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2002 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 63-182536 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 27 July, 1988 (27.07.88), (Family: none)	1-36
A	JP 05-071403 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 23 March, 1993 (23.03.93), (Family: none)	1-36
A	JP 05-149179 A (Mitsubishi Electric Corp.), 15 June, 1993 (15.06.93), (Family: none)	1-36
A	JP 07-180599 A (Mitsubishi Motors Corp.), 18 July, 1995 (18.07.95), Full text; all drawings (Family: none)	1-36

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 June, 2002 (24.06.02)

Date of mailing of the international search report

09 July, 2002 (09.07.02)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/03197

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 11-257149 A (Honda Motor Co., Ltd.), 21 September, 1999 (21.09.99), (Family: none)	1-36
A	JP 2000-240497 A (Denso Corp.), 05 September, 2000 (05.09.00), Full text; all drawings (Family: none)	1-36
A	JP 2000-234558 A (Denso Corp.), 29 August, 2000 (29.08.00), Full text; all drawings (Family: none)	1-36
E,A	JP 2002-097979 A (Honda Motor Co., Ltd.), 05 April, 2002 (05.04.02), Full text; all drawings (Family: none)	1-36

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JPO2/03197	
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))			
Int. Cl ⁷ F02D 45/00, F02P 5/15, F02D 41/12			
B. 調査を行った分野			
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))			
Int. Cl ⁷ F02D 41/00-45/00, F02P 5/145-5/155			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの			
日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2002年 日本国登録実用新案公報 1994-2002年 日本国実用新案登録公報 1996-2002年			
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
A	J P 63-182536 A (日産自動車株式会社) 1988. 07. 27 (ファミリー無し)	1-36	
A	J P 05-071403 A (日産自動車株式会社) 1993. 03. 23 (ファミリー無し)	1-36	
A	J P 05-149179 A (三菱電機株式会社) 1993. 06. 15 (ファミリー無し)	1-36	
A	J P 07-180599 A (三菱自動車工業株式会社)	1-36	
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー		の日の後に公表された文献	
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの		「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの		「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの	
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)		「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの	
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		「&」同一パテントファミリー文献	
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願			
国際調査を完了した日 24. 06. 02		国際調査報告の発送日 09.07.02	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 林 浩 電話番号 03-3581-1101 内線 3354	

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP02/03197

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
	1995. 07. 18, 全文, 全図 (ファミリー無し)	
A	JP 11-257149 A (本田技研工業株式会社) 1999. 09. 21 (ファミリー無し)	1-36
A	JP 2000-240497 A (株式会社デンソー) 2000. 09. 05, 全文, 全図 (ファミリー無し)	1-36
A	JP 2000-234558 A (株式会社デンソー) 2000. 08. 29, 全文, 全図 (ファミリー無し)	1-36
E, A	JP 2002-097979 A (本田技研工業株式会社) 2002. 04. 05, 全文, 全図 (ファミリー無し)	1-36